

Technische Universität München

Ingenieurfaculty Bau Geo Umwelt

Lehrstuhl für Computergestützte Modellierung und Simulation

Entwicklung eines Detaillierungskonzepts für die BIM-basierte Modellierung von Massivbaubrücken

Master Thesis

für den Master of Science Studiengang Bauingenieurwesen

Autor: Thi Nguyen

Matrikelnummer:



Betreuer: Prof. Dr.-Ing. André Borrmann

Markus Hochmuth (OBERMEYER Planen + Beraten)

Ausgabedatum: 24.Oktober 2018

Abgabedatum: 24.April 2019

Abstract

The initiative *planen-bauen 4.0* and the associated term Building Information Modeling (BIM) capture the digitalization of the construction industry. However, unique potentials for productivity, quality and sustainability have not yet been thoroughly exploited. This is to change with the nationwide introduction of BIM envisaged in the so called “Stufenplan” of the German Federal Government. The stated goal of implementing all public infrastructure projects with BIM from 2020 on is accompanied by the development of standards and guidelines for the same, as BIM related guidelines and standards have mainly focused on the building sector (e.g. Industry Foundation Class (IFC) and BIM guidelines for Germany). A central aspect that plays an important role in the BIM method is the geometric and semantic level of detail of the models in individual service phases.

The aim of this work is therefore to develop a detailing concept for BIM-based modelling using the example of solid bridges. This includes the development of the geometry and semantics of a 3D bridge model, whose objects and attributes are then managed in a database. This creates a common framework for the content of a model and quality assurance.

In order to develop the concept, the status quo in the infrastructure area was first examined and explained, and the terminology for the detailed concept described. Therefore, different guidelines were presented and existing classification systems as well as the different level of detail were highlighted and analyzed. The problem of the ambivalent meaning of the term LOD was discussed and compared to the German “Modelldetailierungsgrad”. Furthermore, regarding to the base value of the concept, the additional consideration of use cases and service phases was carried out. An evaluation and comparison of the individual degrees of detail and reference values concludes the fundamental section.

The detailing concept was developed from a planning point of view and concentrates on the planning phases as well as on the bridge as an overall object. The semantics are elaborated in an object and attribute list, which increases with the progress of planning. In the practical part, which served to test the concept, the list of objects and attributes was managed in a database. This was carried out on the basis of a project example, which includes the attribution and data transfer of the bridge model for further cost estimation.

Zusammenfassung

Die Initiative planen-bauen 4.0 und der damit einhergehende Begriff Building Information Modeling (BIM) betiteln die Digitalisierung der Baubranche. Einmalige Potenziale für die Produktivität, die Qualität und die Nachhaltigkeit werden allerdings bis dato noch nicht gänzlich ausgeschöpft. Dies soll sich mit der flächendeckenden Einführung von BIM mit Hilfe des Stufenplans der Bundesregierung ändern. Mit dem erklärten Ziel ab 2020 alle öffentlichen Infrastrukturprojekte verbindlich mit BIM durchzuführen geht die Entwicklung von Standards und Richtlinien für jenen Bereich einher, die bisher größtenteils auf den Gebäudesektor ausgerichtet sind (z.B. Industry Foundation Class (IFC) und BIM-Leitfaden für Deutschland). Ein zentraler Aspekt, der bei der BIM-Methode eine wesentliche Rolle spielt, ist die geometrische und semantische Detaillierung der Modelle in einzelnen Leistungsphasen.

Das Ziel dieser Arbeit ist es daher für die BIM-basierte Modellierung ein Detaillierungskonzept, am Beispiel von Massivbrücken, zu entwickeln. Dies umfasst die Ausarbeitung der Geometrie und Semantik eines 3D-Brückenmodells, dessen Objekte und Attribute anschließend in einer Datenbank verwaltet werden. Damit werden einheitliche Rahmenbedingungen zu Modellinhalten und zur Qualitätssicherung des Modells geschaffen.

Um das Konzept zu entwickeln wurden zunächst der Status Quo im Infrastrukturbereich untersucht und dargelegt sowie Begrifflichkeiten für das Detaillierungskonzept erläutert. Dazu wurden verschiedene Richtlinien vorgestellt und vorhandene Klassifikationssysteme sowie die verschieden ausgelegten Detaillierungsgrade herausgestellt und analysiert. Die Problematik der ambivalenten Bedeutung des Begriffs LOD wurde erörtert und dem deutschen Modelldetaillierungsgrad gegenübergestellt. Ferner wurde in Hinblick auf die Bezugsgröße für das Konzept die zusätzliche Betrachtung von Anwendungsfällen und Leistungsphasen durchgeführt. Eine Bewertung und ein Vergleich der einzelnen Detaillierungsgraden und Bezugsgrößen schließt den Grundlagenabschnitt ab.

Das entwickelte Detaillierungskonzept konzentriert sich auf die Planungsphasen sowie auf die Brücke als Gesamtobjekt und zeigt an einigen Bauteilen beispielhaft die geometrische Ausprägung in einzelnen Phasen. Die Ausarbeitung der Semantik erfolgt in einer Objekt- und Attributenliste, die mit fortschreitender Planung zunimmt. Im Praxisteil, das zum Test des Konzepts diente, wurde die Objekt- und Attributenliste in einer Datenbank implementiert und anhand eines Projektbeispiels durchgeführt, das die Attribuierung und Datenübergabe des Brückenmodells für die weitere Kostenschätzung miteinschließt.

Inhaltsverzeichnis

Abstract.....	2
Zusammenfassung	3
Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis.....	8
Abkürzungsverzeichnis	9
1. Einleitung	11
1.1. Einführung.....	11
1.2. Motivation und Zielsetzung	12
1.3. Aufbau der Arbeit.....	13
2. Methoden und Herangehensweise.....	16
2.1 Literatur	16
2.2 Vorgehen Objekt- und Attributlisten.....	16
2.3 Softwarewahl - Modellierungsmethoden	17
2.4 Datenbank – Implementierung	18
3. Theoretische Grundlagen	18
3.1. Building Information Modeling	18
3.2. Status Quo im Ausland.....	20
3.3. Status Quo in Deutschland	22
3.4. BIM in der Infrastruktur – IFC-Bridge	24
3.5. Richtlinien für Ingenieurbauten	28
4. Begrifflichkeiten zur Bestimmung eines Detaillierungskonzeptes	33
4.1. Klassifikationssysteme	33
4.1.1. Definition	33
4.1.2. Derzeitiger Stand international.....	33
4.1.3. Derzeitiger Stand national	37
4.1.4. Anwendung im Brückenbau.....	38

4.2.	Modellinhalte und Anforderungen	39
4.3.	Anwendungsfälle.....	40
4.4.	Detaillierungsgrade	44
4.4.1.	HOAI – Leistungsphasen	44
4.4.2.	LOD – Level of Development – Level of Detail.....	46
4.4.3.	Level of Geometry und Level of Information	49
4.4.4.	Modelldetaillierungsgrad	50
4.4.5.	Bewertung und Vergleich der verschiedenen Detaillierungsgrade	53
5.	Entwicklung des Detaillierungskonzept für BIM-basierte Massivbrücken	58
5.1.	Status Quo Brückenkonzept	58
5.2.	Objekt – und Attributenliste	61
5.3.	Geometrische Detaillierung.....	63
5.4.	Semantische Detaillierung.....	80
5.5.	Kategorisierung der Liste	81
5.6.	Vergleich und Bewertung des Detaillierungskonzept	82
6.	Objektbibliotheken und Datenbanken	85
6.1.	Status Quo Datenbanken	86
6.2.	Datenbankgestützte Objekt- und Attributverwaltung	87
7.	Praxisbeispiel	89
7.1.	Vorgehen	90
7.2.	Modellierung von Brücken in Siemens NX	93
7.3.	Übergabe des Modells an Desite MD	97
8.	Fazit und Ausblick	99
A.	Anhang	104
B.	Anwendungsfälle OBERMEYER Planen und Beraten.....	105
C.	Anhang Objekten- und Attributliste	124
	Literaturverzeichnis	126
	Erklärung	132

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Aufbau Masterarbeit.....	15
Abbildung 2 Lebenszyklus eines Bauwerks – geändert (Borrmann et al. 2015).....	20
Abbildung 3 Status Quo international (Barry McAuley, Alan Hore, Roger West 2017).....	21
Abbildung 4 Britisches BIM-Reifegradmodell (Borrmann et al. 2015)	22
Abbildung 5 Stufenplan des BMVI (BMVI 2015).....	23
Abbildung 6 IFC- Alignment Entwicklung (planen-bauen 4.0 2018).....	25
Abbildung 7 Erweiterung/Erneuerung (rot); Physical elements –1) Wandtyp 2) Lagertyp 3) Spatial structure - Brückentypen (Castaing et al. 2018a)	27
Abbildung 8 Bildhafte Darstellung Spatial structure mit Klassendarstellung (Hyvärinen 2018)	27
Abbildung 9 Formblatt Baustoffangaben RAB-ING (BMVI 2016).....	28
Abbildung 10 Formblatt Lagertabelle RAB-ING (BMVI 2016)	29
Abbildung 11 Flügelausbildung - RIZ-ING (BMVI 2017a).....	30
Abbildung 12 Ausschnitt Bauwerksdaten – Brücke (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung)	32
Abbildung 13 Uniclass2 Hierarchie (Chapman 2013).....	35
Abbildung 14 Zusammenhang der Uniclass Tabellen (Delaney 2015)	36
Abbildung 15 Nummerierungstabelle Uniclass (bsi 2016)	36
Abbildung 16 Aufbau und Inhalt AIA und BAP – eigene Darstellung (Verband Beratender Ingenieure VBI 2016) 40	
Abbildung 17 Beispiel LOG und LOI einer Trägerbohlwand (Freie und Hansestadt Hamburg 2017)	49
Abbildung 18 Bauteilkatalog FHH - übergeordnete Projektinformationen	59
Abbildung 19 Bauteilkatalog FHH - Bauteilinformationen.....	59
Abbildung 20 Bauteilkatalog FHH - zuzügliche Informationen bezogen auf spezifische Eigenschaft eines Bauteils (z.B. Material).....	60
Abbildung 21 Aufbau Bauteilelemente Objekt- und Attributenliste-eigene Darstellung	62
Abbildung 22 Aufbau Objekt- und Attributenliste – eigene Darstellung.....	63
Abbildung 23 LOG 100 Geometrische Darstellung des Regelquerschnitts	64
Abbildung 24 Plattenbalken Regelquerschnitt aus Musterplan der Entwurfsplanung (siehe Anhang)	65
Abbildung 25 LOG 200 Geometrische Darstellung des Regelquerschnitts (links-Schnittansicht).....	65
Abbildung 26 LOG 300 Geometrische Darstellung des Regelquerschnitts basierend auf LOG 200.....	66
Abbildung 27 LOG 100 Geometrische Darstellung der Pfeiler/Stützen	67
Abbildung 28 LOG 200 Geometrische Darstellung der Pfeiler/Stützen	67
Abbildung 29 LOG 300 Geometrische Darstellung der Pfeiler/Stütze	68
Abbildung 30 LOG 100 Geometrische Darstellung des Widerlagers	69
Abbildung 31 LOG 200 Geometrische Darstellung des Widerlagers	70
Abbildung 32 LOG 300 Geometrische Darstellung des Widerlagers	70

<i>Abbildung 33 LOG 100 Geometrische Darstellung der Widerlagerflügel (Vorder- und Seitenansicht)</i>	<i>71</i>
<i>Abbildung 34 LOG 200 Geometrische Darstellung der Widerlagerflügel nach RiZ-ING (Seitenansicht) ((BMVI 2017a)</i>	<i>72</i>
<i>Abbildung 35 LOG 200 Geometrische Darstellung der Widerlagerflügel nach RiZ-ING (Vorderansicht)(BMVI 2017a)</i>	<i>72</i>
<i>Abbildung 36 LOG 300 Geometrische Darstellung der Widerlagerflügel basierend auf LOG 200</i>	<i>73</i>
<i>Abbildung 37 LOG 100 Geometrische Darstellung der Lager</i>	<i>74</i>
<i>Abbildung 38 LOG 200 Geometrische Darstellung der Lager</i>	<i>74</i>
<i>Abbildung 39 LOG 300 Geometrische Darstellung der Lager</i>	<i>75</i>
<i>Abbildung 40 LOG 100 Geometrische Darstellung der Kappe</i>	<i>76</i>
<i>Abbildung 41 LOG 200 Geometrische Darstellung der Kappe nach RiZ-ING (BMVI 2017a)</i>	<i>76</i>
<i>Abbildung 42 LOG 300 Geometrische Darstellung der Kappe nach basierend auf LOG 200</i>	<i>77</i>
<i>Abbildung 43 LOG 100 Geometrische Darstellung des Geländers</i>	<i>78</i>
<i>Abbildung 44 LOG 200 Geometrische Darstellung des Geländers nach RiZ-ING (BMVI 2017a).....</i>	<i>78</i>
<i>Abbildung 45 LOG 300 Geometrische Darstellung des Geländers basierend auf LOG 200</i>	<i>79</i>
<i>Abbildung 46 Sortierung der Attribute – eigene Darstellung</i>	<i>80</i>
<i>Abbildung 47 Beispiel-Zunahme der Attribute von LPh2 zu LPh3.....</i>	<i>81</i>
<i>Abbildung 48 Vorgangsschema Detaillierung im Projekt – eigene Darstellung</i>	<i>82</i>
<i>Abbildung 49 BIMQ Informationsmanagement (Liebich 2018)</i>	<i>86</i>
<i>Abbildung 50 Formular der MS Access Datenbank</i>	<i>87</i>
<i>Abbildung 51 Beispielbericht „Brückenbauwerk“ Modellinhalte – LPh3.....</i>	<i>88</i>
<i>Abbildung 52 MS Access Bericht - Modellinhalte LPh2 und LPh3.....</i>	<i>89</i>
<i>Abbildung 53 Ausschnitt Attributblock Ingenieurbau - Planinformationen LPh2.....</i>	<i>92</i>
<i>Abbildung 54 Ausschnitt Attributenliste Ingenieurbau – Planinformation LPh3.....</i>	<i>92</i>
<i>Abbildung 55 Brückenmodell in Siemens NX.....</i>	<i>93</i>
<i>Abbildung 56 Objekten- und Attributenkatalog Excel - Siemens NX 11.0</i>	<i>94</i>
<i>Abbildung 57 Attribuierung in Siemens NX 11.0</i>	<i>95</i>
<i>Abbildung 58 Beispiel Bericht mit Attributen für LPh2</i>	<i>96</i>
<i>Abbildung 59 Workflow JT-IFC-Translator.....</i>	<i>97</i>
<i>Abbildung 60 Übergabe Modell Siemens NX 11.0 nach Desite MD</i>	<i>97</i>
<i>Abbildung 61 3D-Brückenmodell sowie dessen Inhalt in Desite MD.....</i>	<i>98</i>
<i>Abbildung 62 LV mit verknüpfter Menge und Einheitspreis – Beispiel</i>	<i>98</i>
<i>Abbildung 63 Objekten- und Attributenliste LPh2.....</i>	<i>124</i>
<i>Abbildung 64 Objekten- und Attributenliste LPh3.....</i>	<i>125</i>

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1 Anwendungsfälle BIM4INFRA (ARGE BIM4INFRA2020 2018b)</i>	42
<i>Tabelle 2 Anwendungsfälle OBERMEYER</i>	43
<i>Tabelle 3 Leistungsphasen mit Maßstabsangabe (Hausknecht und Liebich 2016)</i>	45
<i>Tabelle 4 LOD Tabelle (BIMForum 2018a) mit Beispielabbildungen einer Stahlstütze (Borrmann et al. 2018)</i>	48
<i>Tabelle 5 Modelldetaillierungsgrade mit Beschreibung und Zuordnung zu den jeweiligen Leistungsphasen angepasst an den Infrastrukturbereich (geändert) (Verband Beratender Ingenieure VBI 2016)</i>	52
<i>Tabelle 6 Zusammenhänge der einzelnen Detaillierungsoptionen- eigene Darstellung auf Basis von opb Anwendungsfällen (ARGE BIM4INFRA2020; Verband Beratender Ingenieure VBI 2016)</i>	54
<i>Tabelle 7 Vor- und Nachteile Zuordnung nach LOD</i>	55
<i>Tabelle 8 Vor- und Nachteile Zuordnung nach MDG</i>	55
<i>Tabelle 9 Vor- und Nachteile Zuordnung nach Anwendungsfällen</i>	55
<i>Tabelle 10 Vor- und Nachteile LOD Zuordnung nach Leistungsphasen</i>	56
<i>Tabelle 11 LOG-Definitionen Überbau-Regelquerschnitt</i>	66
<i>Tabelle 12 LOG-Definitionen Unterbau-Pfeiler/Stütze</i>	68
<i>Tabelle 13 LOG-Definitionen Unterbau-Widerlager</i>	70
<i>Tabelle 14 LOG-Definitionen Unterbau-Flügelausbildung</i>	73
<i>Tabelle 15 LOG-Definitionen Ausstattung-Lager</i>	75
<i>Tabelle 16 LOG-Definitionen Ausstattung-Kappe</i>	77
<i>Tabelle 17 LOG-Definitionen Ausstattung-Geländer</i>	79
<i>Tabelle 18 Vergleich Zuordnung Detaillierungsgrade – eigene Darstellung auf Basis von (Freie und Hansestadt Hamburg 2017a; Mini 2016; Verband Beratender Ingenieure VBI 2016; Martin Egger, Kerstin Hausknecht, Thomas Liebich, Jakob Przybylo)</i>	83
<i>Tabelle 19 Objekte und Attribute der LPh2</i>	91

Abkürzungsverzeichnis

2D	Zweidimensional
3D	Dreidimensional
4D	Dreidimensionale Geometrie mit Zeitfaktor
5D	Dreidimensionale Geometrie mit Zeit- und Kostenfaktor
AIA	Auftraggeber-Information-Anforderungen
AIA	American Institute of Architects
AKVS	Anweisung zur Kostenermittlung und zur Veranschlagung von Straßenbaumaßnahmen
ARGE	Arbeitsgemeinschaft
AwF	Anwendungsfall
ASB-ING	Anweisung Straßeninformationsbank für Ingenieurbauten, Teilsystem (Bauwerksdaten)
BAP	BIM-Abwicklungsplan
BASt	Bundesanstalt für Straßenwesen
BIM	Building Information Modeling
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur
CDE	Common Data Environment
COBie	Construction Operations Building Information Exchange
DB	Deutsche Bahn
FHH	Freie und Hansestadt Hamburg
HOAI	Honorare für Architekten- und Ingenieurleistungen
IFC	Industry Foundation Class
JT	Jupiter Tessellation
LOD	Level of Development – Level of Detail
LOG	Level of Geometry

LOI	Level of Information
LPh	Leistungsphase
LV	Leistungsverzeichnis
MDG	Modelldetaillierungsgrad
opb	OBERMEYER Planen und Beraten
RAB-ING	Richtlinien für das Aufstellen von Bauwerksentwürfen für Ingenieurbauten
RiZ-ING	Richtzeichnungen für Ingenieurbauten

1. Einleitung

1.1. Einführung

Einer der bedeutendsten sowie prägendsten Prozesse unserer heutigen Zeit ist die Digitalisierung. Der Vormarsch der Digitalisierung in nahezu allen Bereichen, erreicht in großen Teilen auch die Baubranche. Einmalige Potenziale für die Produktivität, die Qualität und die Nachhaltigkeit werden allerdings bis dato noch nicht gänzlich ausgeschöpft. Mit Building Information Modeling soll sich dies ändern und der Weg von der konventionellen 2D-Planung zu intelligenten nD-Modellen geebnet werden.

Als einer der Schlüsselrollen in Deutschland wurde dem Bausektor in den letzten Jahren verstärkt Aufmerksamkeit gewidmet. Potenziale in Bereichen der Produktivitätssteigerung, Kostensenkung und Zeiteffizienz sind Vorteile der Digitalisierung, die zunehmend erkannt und in Anspruch genommen werden müssen. Die Idee von Building Information Modelling an einem gemeinsamen Modell mit allen Projektbeteiligten zu arbeiten, schafft zudem erhöhte Flexibilität sowie Transparenz und soll mit der Initiative planen-bauen 4.0, gegründet durch den Bund, die Baubranche schneller und effizienter gestalten (pwc 2018).

Um BIM deutschlandweit zu fördern und einzuführen wurde von der Bundesregierung ein Stufenplan entwickelt, der die Implementierung der Methode schrittweise einleiten soll. Das besondere Augenmerk gilt hierbei dem Infrastrukturbereich. Die Förderung der BIM-Methodik beinhaltet die Bearbeitung von verschiedenen Straßen- sowie Schienenprojekten, die als Pilotprojekte durchgeführt und unterstützt werden (BMVI).

Bereits existierende Richtlinien, Leitfäden und Datenformate, mit überwiegendem Fokus auf den Hochbausektor (siehe BIM-Leitfaden, VDI 2552 Richtlinie und IFC) und die Vorgabe ab 2020 öffentliche Infrastrukturprojekte mit BIM abzuwickeln sind mitunter Gründe für die zunehmende Förderung von BIM im Infrastrukturbereich.

Ein zentraler Aspekt, der mit der BIM-Methode einhergeht, ist die Detaillierung der 3D-Modelle. Die unterschiedlichen Ausprägungen hinsichtlich der Geometrie und den alphanummerischen Informationen in einzelnen Leistungsphasen, bilden neben den Rahmenbedingungen für die Kooperation mit verschiedenen Fachplanern auch eine vertragliche Basis für die Definition erforderlicher Modellinhalte (Borrmann et al. 2015).

Ausgehend von den genannten Gründen beschäftigt sich die folgende Arbeit mit der Entwicklung eines Detaillierungskonzeptes am Beispiel einer Massivbrücke.

1.2. Motivation und Zielsetzung

Die fortschreitende Digitalisierung im Baubereich, der unter anderem mit dem Prozess Building Information Modelling (BIM) einhergeht, in Ländern wie Großbritannien, Norwegen und Schweden sowie die Forderung der Bundesregierung BIM bis 2020 verpflichtend für öffentliche Infrastrukturprojekte einzusetzen, zwingt die deutsche Baubranche in diesem Bereich zu handeln (Borrmann et al. 2015). Um bundesweit eine weiträumige Einführung zu ermöglichen, müssen einheitliche Standards, Richtlinien und Leitfäden geschaffen sowie bereits vorhandene Vorgaben für den Infrastrukturbereich weiterentwickelt werden.

Derzeitige Leitfäden (beispielsweise der BIM-Leitfaden für Deutschland), Datenformate wie IFC (Industry Foundation Class) sowie Klassifikationen sind überwiegend auf den Gebäudesektor fokussiert, weshalb es umso wichtiger ist, sich vorrangig auf die Entwicklung von Richtlinien und Austauschformaten im Infrastrukturbereich zu konzentrieren.

Der erfolgreiche Einsatz von BIM erfordert vor Projektbeginn Absprachen, unter anderem bezüglich des Modellinhalts und der -tiefe. Diese sind je nach BIM-Expertise bereits in den Auftraggeber-Informationen-Anforderungen (AIA) vorhanden oder werden darauf aufbauend anschließend im BIM-Abwicklungsplan (BAP) festgelegt. Dieser beinhaltet demnach je nach Leistungsphase projektspezifische Informationen, hinsichtlich der Detaillierungsgraden und Informationstiefen der Modelle (ARGE BIM4INFRA2020 2018b).

Maßgebend für einen funktionierenden Datenaustausch ist die Erhebung und Festlegung von substanziellen Informationen, die die Projektbeteiligten, die Zeit, die erforderlichen Modellinhalte sowie den Zweck und die Art des Datentransfers bestimmen. Dabei ist für alle Projektbeteiligten von großer Bedeutung zu wissen, wer was, wann, wofür und wie liefern soll (Hausknecht und Liebich 2016). In Anbetracht dieser benötigten Informationen ist eine festgelegte Spezifikation hinsichtlich geometrischen sowie semantischen Daten von Nöten.

Bisherige Detaillierungsbeschreibungen wie beispielsweise das LOD Konzept des BIMForums, das auf den Spezifikationen des American Institute of Architects (AIA) basiert, haben den Fokus überwiegend auf den Gebäudesektor gelegt (BIMForum 2018b).

Dementsprechend existieren für den Infrastruktursektor wenige Spezifikationen, hinsichtlich Anforderungen, Modellinhalten oder Detaillierungsgraden. Solche sind jedoch wesentlich für die effiziente Nutzung von BIM, da nur durch festgelegte Modellierungsvorschriften und Modellinhalte, eine entsprechende Qualität sowie die vertraglich bestimmten BIM-Anforderungen des Bauherrn gewährleistet werden können (Hausknecht und Liebich 2016).

Basierend auf den genannten Defiziten und in Zusammenarbeit mit der Firma OBERMEYER soll in der folgenden Arbeit ein einheitliches Detaillierungskonzept für die BIM-basierte Modellierung Massivbrücken erarbeitet werden, das die unterschiedlichen Modellinhalte, hinsichtlich Geometrie und Semantik in den einzelnen Planungsphasen darstellt. Neben diesem Hauptziel werden zusätzliche folgende Aspekte herausgearbeitet:

- Untersuchung des Status Quo BIM in der Infrastruktur im In- und Ausland
- Bewertung und Vergleich verschiedener Detaillierungsgrade
- Erarbeitung einer geeigneten Objekt- und Attributenliste für das Detaillierungskonzept
- Einpflegung der Daten in eine geeignete Datenbank
- Erprobung des Konzepts anhand eines Projektbeispiels

1.3. Aufbau der Arbeit

Um die in Kapitel 1.2 aufgezählten Vorhaben zu erreichen, erläutert das Kapitel 2 die dazugehörigen Methoden und das Vorgehen. Die Literaturrecherche gibt einen ersten Einblick und ermöglicht einen Einstieg in die Thematik. Im Laufe des Kapitels werden sowohl die Herangehensweise der jeweiligen Schritte zur Erstellung des Detaillierungskonzeptes beschrieben als auch die Idee die erarbeiteten Informationen in eine Datenbank einzupflegen.

Das Kapitel 3 beginnt mit der Einführung der grundlegenden Theorie von Building Information Modeling. Ferner werden die Entwicklungen von BIM im internationalen sowie nationalen Kontext in diesem Kapitel herausgestellt. Des Weiteren geht der Abschnitt speziell auf die BIM Methodik im Infrastrukturbereich ein.

Anschließend beschreibt Kapitel 4 die wichtigsten Begrifflichkeiten zu Detaillierungsgraden, die zum Verständnis der folgenden Arbeit erforderlich sind. Als Abschluss des Kapitels werden die zuvor herausgestellten Detaillierungsgrade bewertet und miteinander verglichen. Ferner erfolgt eine Betrachtung sowie ein Vergleich bei der Ausrichtung des Konzepts nach BIM-Anwendungsfällen oder Leistungsphasen. Die Auswertung dient als Basis für die nachfolgende Entwicklung des Detaillierungskonzeptes.

Aufbauend auf den vorherigen Abschnitten wird in Kapitel 5 für das Bauwerk Massivbrücke ein Detaillierungskonzept erarbeitet. Dazu werden neben bereits existierenden Klassifikationssystemen, auch Objekt- und Attributlisten sowie Meinungen von Fachplanern zur Hilfe gezogen. Ausgehend von den zusammengestellten Resultaten werden die Bauteile in

den verschiedenen Graden hinsichtlich geometrischen sowie alphanummerischen Inhalt dargestellt.

Die erarbeiteten Daten, sortiert nach verschiedenen Phasen und Graden, werden anschließend in einer Datenbank zusammengeführt. Kapitel 6 thematisiert den Status quo derzeitiger Datenbanken im Brückenbau und gibt einen Einblick in die webbasierte Datenbank BIM Q. Als Teil des Praxiskapitels wird abschließend die Einbindung der gewonnen Daten in diese Datenbank beschrieben.

Das entwickelte Konzept wird in dem abschließenden Kapitel 7 mit Hilfe eines Projektbeispiels dargelegt. Mit der parametrischen 3D Modellierung eines Brückenbauwerks wird zugleich die Attribuierung des Modells mit den erforderlichen Modellinhalten gezeigt, woraufhin eine beispielhafte Kostenschätzung für das Brückenbauwerk folgt.

Als Abschluss dieser Arbeit wertet das letzte Kapitel die Ergebnisse aus und gibt einen Überblick über die zukünftige Entwicklung der erworbenen Erkenntnisse.

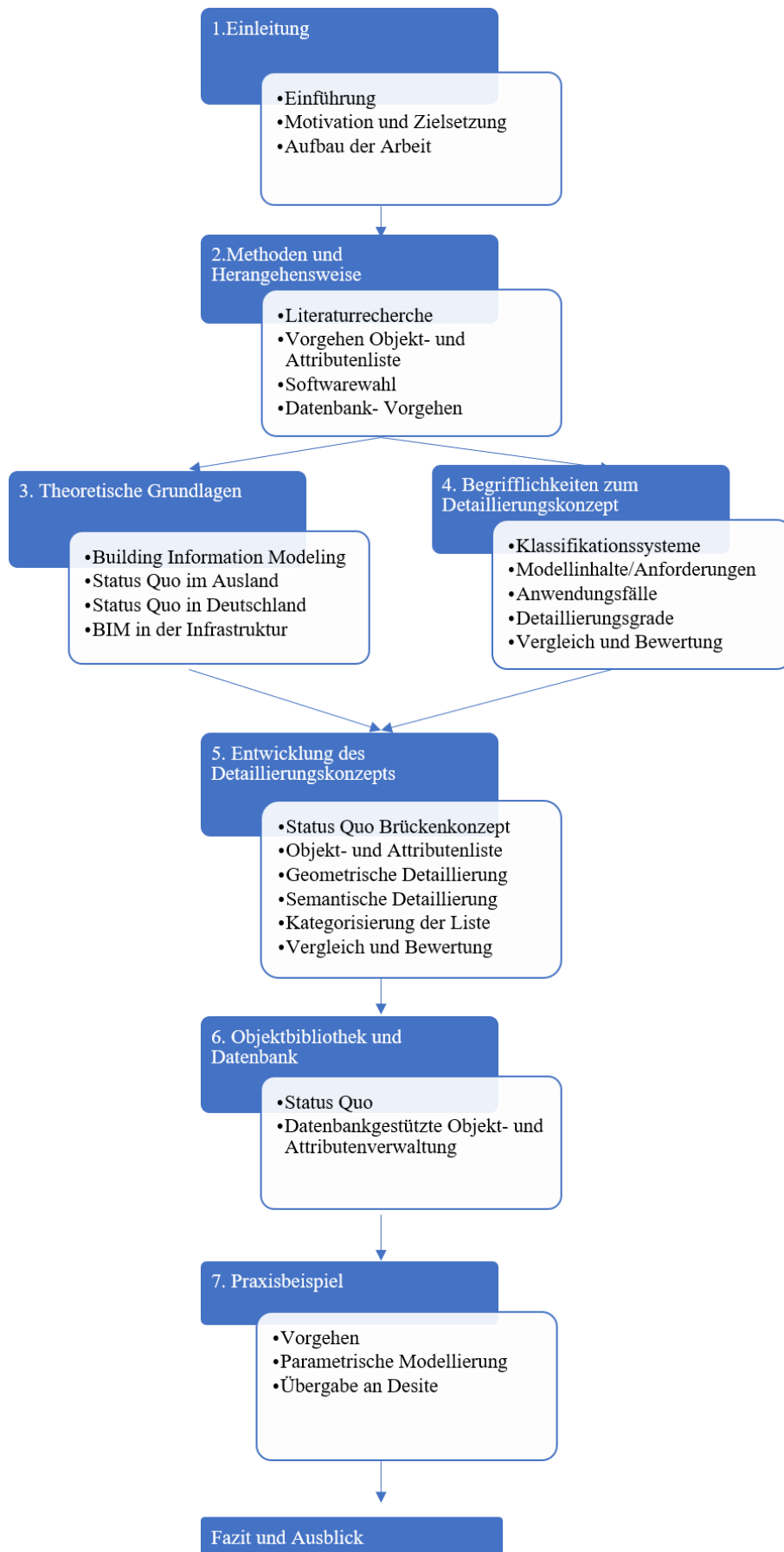


Abbildung 1 Aufbau Masterarbeit

2. Methoden und Herangehensweise

Im Themenbereich Detaillierungen von Modellen im Bauwesen existieren derzeit wenige bis hin zu keinen einheitlichen deutschen Festlegungen. Um einen Überblick über die Vorgehensweise in der Arbeit zu bekommen, werden im folgenden Kapitel die Herangehensweise und Methoden zur Erarbeitung dieses Konzeptes thematisiert.

2.1 Literatur

Die Basis dieser Arbeit bildeten verschiedenen Themenaspekte im Bereich Building Information Modeling. Einen Einblick verschafften diverse Fachliteraturen wie „Building Information Modeling“ (Borrmann et al. 2015), das „BIM-Kompendium“ (Hausknecht und Liebich 2016) sowie die Berichte und Handlungsempfehlungen der Arbeitsgemeinschaft BIM4INFRA (ARGE BIM4INFRA2020; ARGE BIM4INFRA2020 2018a). Um die Vollständigkeit der Master Thesis zu gewährleisten, werden die derzeitigen Forschungsstände im BIM-Bereich auf nationaler sowie internationaler Ebene, speziell im Infrastrukturbereich dargestellt.

Ausgehend von dem BIMForum werden die Definitionen von Level of Development aufgegriffen und mit anderen LOD-Auslegungen verglichen und bewertet. Die Masterarbeit von Mini „Entwicklung eines LoD Konzeptes für digitale Bauwerksmodelle von Brücken und dessen Implementierung“ (Mini 2016) diente unter anderem als Anregung für diese Arbeit für die Erarbeitung. Bei der Erarbeitung der Modellinhalte wurden Regelwerke und Richtlinien, wie die RAB-ING, RiZ-ING und die ASB-ING berücksichtigt sowie derzeitige Klassifikationssysteme wie Uniclass und OmniClass oder die DIN 276 betrachtet.

2.2 Vorgehen Objekt- und Attributlisten

Da es sich beim Infrastrukturbereich um ein vielfältiges Gebiet handelt und aussagekräftige Ergebnisse gewonnen werden sollen, beschränkt sich die folgende Arbeit auf die Betrachtung von Massivbrücken. Ferner wird bei der Betrachtung von Modelldetaillierung des Öfteren die geometrische Ausprägung in den Vordergrund gestellt, weshalb der semantischen Ausprägung für diese Arbeit ein höherer Stellenwert zugeordnet wurde.

Bei der Erstellung der Objekt- und Attributenliste wurden zu Beginn Informationen zu bestehenden Listen und Klassifikationsmöglichkeiten gesammelt. Ein Vergleich dieser Werke

wie die Kostengliederung der DIN 276 sowie die ASB-ING (Anweisung Straßeninformationsbank für Ingenieurbauten, Teilsystem Bauwerksdaten) geben einen ersten Überblick über Bauteilsortierungen. Die benötigten Bauteilinformationen wurden mit Hilfe von verschiedenen Richtlinien und Planungen (hier: Ausführungsplanung einer Brücke mit zugehörigem Leistungsverzeichnis und Ausschreibung) sowie mit Hilfe von Fachplanern aus der Abteilung für Brückenplanung der Firma OBERMEYER zusammengetragen. Auch die Betrachtung des kürzlich verabschiedeten IFC-Bridge Datenformats wurde für diese Arbeit berücksichtigt. Gegliedert wurden die Informationen in Abhängigkeit von Leistungsphasen und den damit einhergehenden Modelldetaillierungsgraden. Die Wahl der Sortierung sowie die genaue Zuordnung werden in dem zugehörigen Kapitel 4.4 detailliert erläutert. Darauf aufbauend wird ein Konzept für Brückenbauwerke erarbeitet, welches als Basis für weitere Entwicklungen dienen soll.

2.3 Softwarewahl - Modellierungsmethoden

Die Modellierung von Ingenieurbauwerken stellt, durch die Modellierung entlang von Trassen, hohe Anforderungen an die verwendete Software. Im Gegensatz zu einfachen Geometrien im Gebäudebereich, erfordert die Planung von Straßenbauwerken komplexe Linienführungen. Um dies umsetzen zu können, bedarf es geeigneter Funktionen, wie beispielsweise einer hohen Anpassungsfähigkeit sowie variabler Extrusionen entlang von Führungskurven. Aus diesem Grund fiel die Wahl auf die Software *Siemens NX*. Hierbei handelt es sich ursprünglich um ein Programm aus dem Maschinenbau das jedoch den Anforderungen einer Brückenmodellierung gerecht wird. Neben der Option das 3D-Objekt parametrisch zu modellieren, erleichtern die variablen Sweeps und eine Verknüpfung von sich kreuzenden Kurven und Flächen die Erstellung des Brückenbauwerks. Das flexible Austauschen von Kurven und die Top-Down-Modellierung ermöglichen Variantenuntersuchungen sowie nachträgliche Änderungen im 3D-Modell (Pekárek 2016).

Für die Durchführung einer Kostenschätzung wurde das Programm Desite MD herangezogen. Die Software erleichtert mit den Funktionen Visualisierung, Prüfung und Analyse des Modells eine Koordinierung eines Fachmodells. Mit Hilfe von regelbasierten Verknüpfungen wird die Ermittlung von Mengen und Kosten ermöglicht, die anschließend in einer Ablaufsimulation dargestellt werden können (ceapoint aec technologies GmbH o.J.).

2.4 Datenbank – Implementierung

Die Nutzung und Verwaltung der generierten Objekt- und Attributenliste in einer Datenbank ist ein weiterer Aspekt dieser Arbeit. Als Framework dient die webbasierte Datenbank BIMQ von AEC3. Die Erstellung einer eigenen Datenbank wurde vor dem Hintergrund getroffen, dass diese bis dato noch keine Schnittstelle zu dem Programm Siemens NX verfügt und lediglich eine Alternative zu BIMQ erprobt werden sollte. Aus den genannten wird im Zuge dieser Arbeit eine MS Access Datenbank aufgebaut, die zunächst lediglich die geforderten Modellinhalte angibt. Die Struktur sowie der Inhalt der Datenbank basiert auf der erstellten Objekt- und Attributenliste für Brückenelemente, geordnet nach den einzelnen Leistungsphasen. Ausgehend von dieser Datenbank werden Berichte mit den erforderlichen Bauteilen und deren Informationsgehalt generiert.

3. Theoretische Grundlagen

Folgendes Kapitel beschreibt die theoretischen Grundlagen von Building Information Modeling, die die Einführung in das Themengebiet bilden. Zunächst wird der Begriff „Building Information Modeling“ dargelegt. Unterschiedliche Definitionen und Erklärungen werden näher erläutert und zusammengefasst. Ferner geht das Kapitel auf den Status Quo BIM, im In- sowie im Ausland ein. Es werden zunächst die verschiedenen Implementierungsfortschritte unterschiedlicher Länder herausgearbeitet und gegenübergestellt. Das darauffolgende Kapitel zeigt einen Vergleich zwischen Ländern in denen BIM bereits verpflichtend eingesetzt wird zum aktuellen Einführungsstand in Deutschland. Abschließend geht das Kapitel detailliert auf die Entwicklung von BIM in der Infrastruktur ein und gibt einen Überblick über zukünftige Maßnahmen in diesem Bereich.

3.1. Building Information Modeling

Für den Begriff „Building Information Modeling“, kurz BIM, existieren diverse Definitionen. Sowohl in der Literatur als auch von verschiedenen Instituten wird BIM auf unterschiedlichste Weise interpretiert.

“BIM or Building Information Modelling is a process for creating and managing information on a construction project across the project lifecycle. One of the key outputs of this process is the Building Information Model, the digital description of every aspect of the built asset. This

model draws on information assembled collaboratively and updated at key stages of a project. Creating a digital Building Information Model enables those who interact with the building to optimize their actions, resulting in a greater whole life value for the asset.” (NBS 2016)

Mit dieser Definition werden Merkmale der BIM-Methode, wie Prozess, Lebenszyklus sowie Zusammenarbeit aufgegriffen. Der Vergleich mit anderen Definitionen stellt diese Aspekte als gemeinsamen Schwerpunkt der BIM-Definition heraus.

„Building Information Modeling (BIM) ist die digitale Arbeitsmethode für das Planen, Erstellen und Betreiben von Bauwerken. BIM basiert auf der aktiven Vernetzung aller Beteiligten über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks.“ (buildingSMART e. V. o.J.)

Ein Vergleich der aufgeführten Definitionen stellt die Hauptaspekte der BIM-Methode heraus: die digitale Arbeitsmethode, die Zusammenarbeit aller Beteiligten, sowie die Nutzung über den gesamten Lebenszyklus. Zusätzlich können Vorteile mit in die Definition genommen werden, wie es beispielsweise in der von der Firma „OBERMEYER Planen und Beraten“ der Fall ist.

„BIM (Building Information Modeling) ist eine innovative und zeitgemäße Methode für das integrierte Arbeiten im Bauwesen. Architekten und Ingenieure aus den unterschiedlichen Fachdisziplinen generieren sowie koordinieren vernetzt und zentral an einem digitalen Modell große Mengen an Planungsinformationen. Dies sichert allen Beteiligten eine hohe Qualität, Transparenz und Kostensicherheit.“ (OBERMEYER Planen und Beraten 2018)

Das Building Information Model ist ein digitaler Zwilling des Bauprojekts, welches zusätzlich nicht-geometrische Informationen, wie Kosten, Material oder Herstellungsdaten enthält. Der Prozess zur Erstellung, Veränderung sowie Verwaltung eines solchen digitalen Abbildes wird mit dem Ausdruck Building Information Modeling beschrieben. Wird der Kerngedanke dieses Begriffes erweitert, kann von der Nutzung des digitalen Bauwerks über den gesamten Lebenszyklus gesprochen werden (Borrmann et al. 2015).

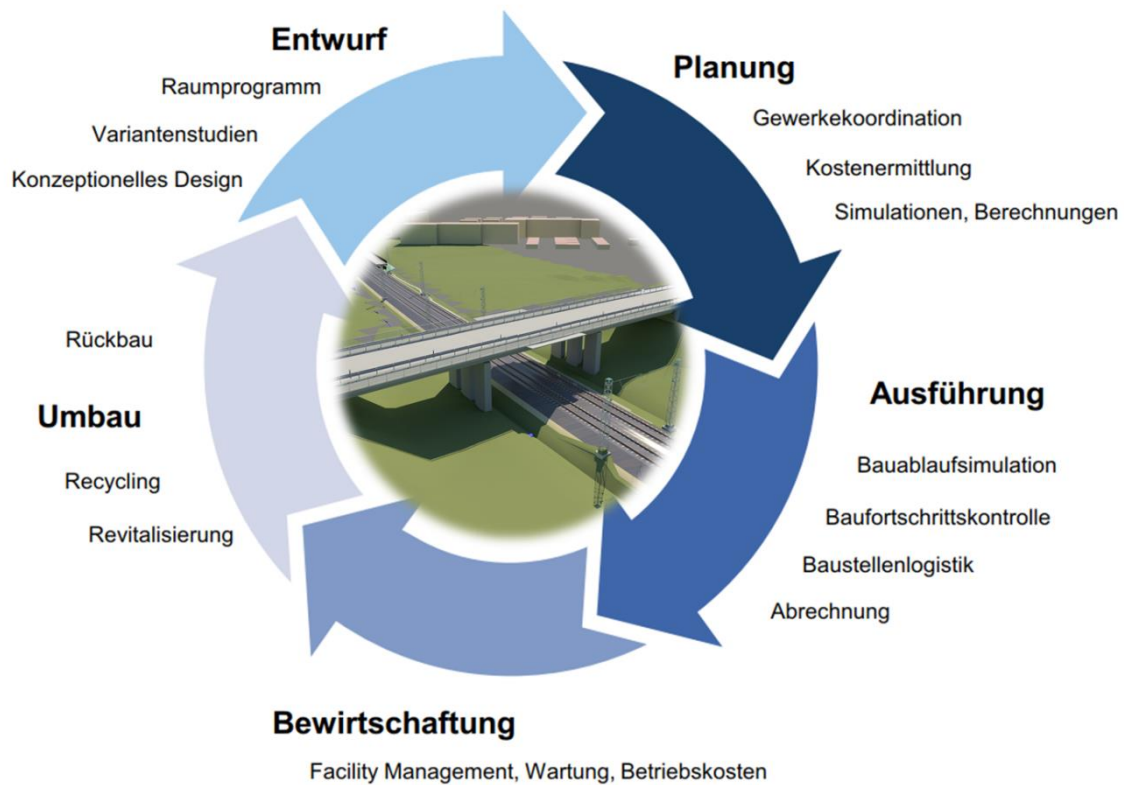


Abbildung 2 Lebenszyklus eines Bauwerks – geändert (Borrmann et al. 2015)

BIM bildet, basierend auf einem digitalen Äquivalent, ein Gebäude in allen Stufen des Bauwesens ab – von der anfänglichen Planungsphase über zur Bauausführung bis hin zur Instandhaltung bzw. dem Abriss (Borrmann et al. 2015).

Im Gegensatz zum Gebäudezyklus, schließt der Kreislauf im Ingenieurbau, z.B. einer Brücke selten mit einem Abriss oder Rückbau ab, sondern vielmehr mit einer neuen Entwurfs- oder Umbauphase. (BaSt 2018) Die Bearbeitung des Modells erfolgt durch die Projektbeteiligten, die parallel an einem eigenen Fachmodell arbeiten und anschließend ihre Änderungen zu einem Koordinationsmodell zusammenführen können, um eine Modellüberprüfungen oder Kollisionsprüfungen durchzuführen zu können (Borrmann et al. 2015). Neben einer erleichterten Projektkommunikation soll die BIM-Methode zum einen die Planungsqualität, -sicherheit und Effizienz steigern, sowie Prozesstransparenz schaffen und zum anderen Kostenstabilisierung bieten (BMVI).

3.2. Status Quo im Ausland

Die Implementierung der BIM-Methode ist im internationalen Wettbewerb bereits sehr fortgeschritten. Neben Großbritannien und den skandinavischen Ländern, wurde BIM ebenfalls

in Frankreich und für einige Staaten der USA für öffentliche Bauprojekte bereits vorgeschrieben (Barry McAuley, Alan Hore, Roger West 2017).

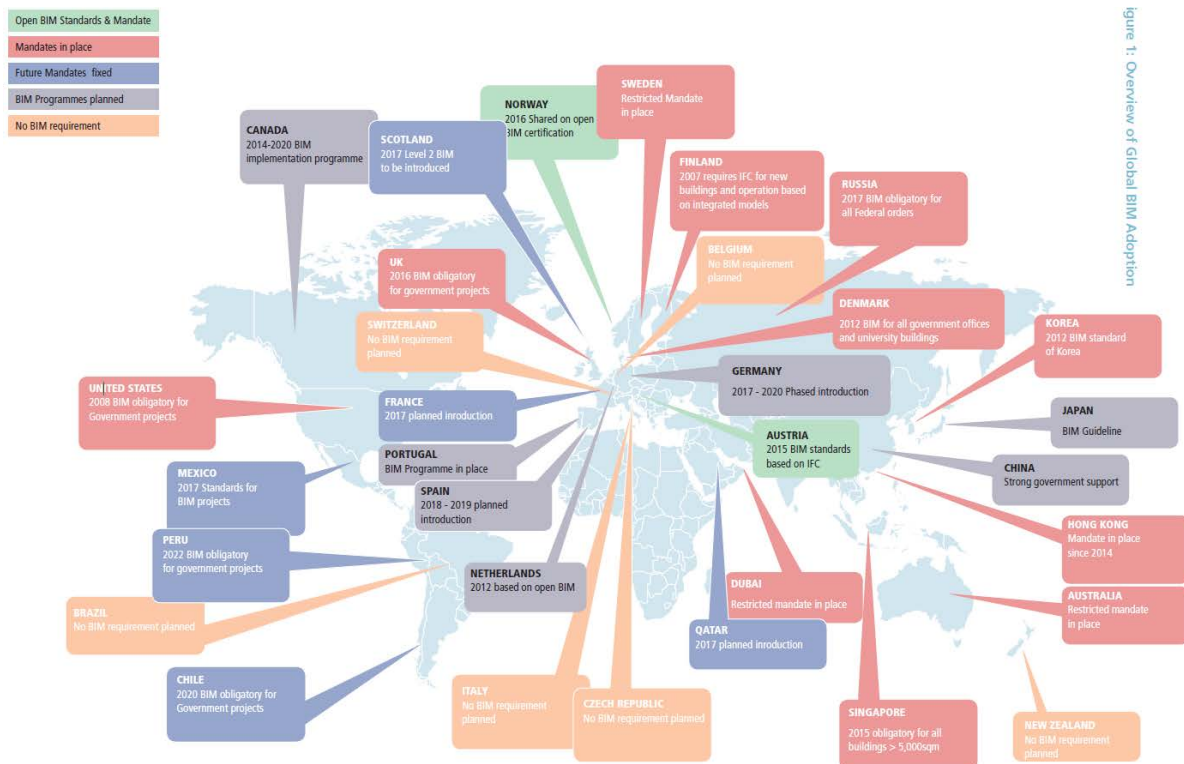


Abbildung 3 Status Quo international (Barry McAuley, Alan Hore, Roger West 2017)

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. gibt einen weltweiten Überblick über den Einführungsstand von BIM in diversen Ländern. Es ist zu erkennen, dass in zahlreichen Ländern, wie Norwegen, Finnland, Schweden oder Großbritannien die BIM-Methode sehr fortgeschritten eingesetzt wird.

Als ein Beispiel ist Großbritannien mit seiner Einführung der BIM-Methode zu nennen. Um die BIM-Methode landesweit einzuführen, wurde von der BIM Task Group ein BIM-Reifegradmodell mit vier Stufen (Level 0 – Level 3) entwickelt (Borrmann et al. 2015). Mit der Einführung von BIM verfolgt die britische Regierung unter anderem folgende Ziele:

- Reduzierung von Anschaffungskosten und Lebenszykluskosten um 33%
- Zeitersparnis über das gesamte Projekt um 50%
- Reduzierung von Treibhausgasemissionen um 50%
- Steigerung der Effizienz und Reduzierung der Baukosten für die britische Regierung
- Erfolgreiche öffentliche Projekte sollen privaten Unternehmen ein Vorbild sein (NBS 2018)

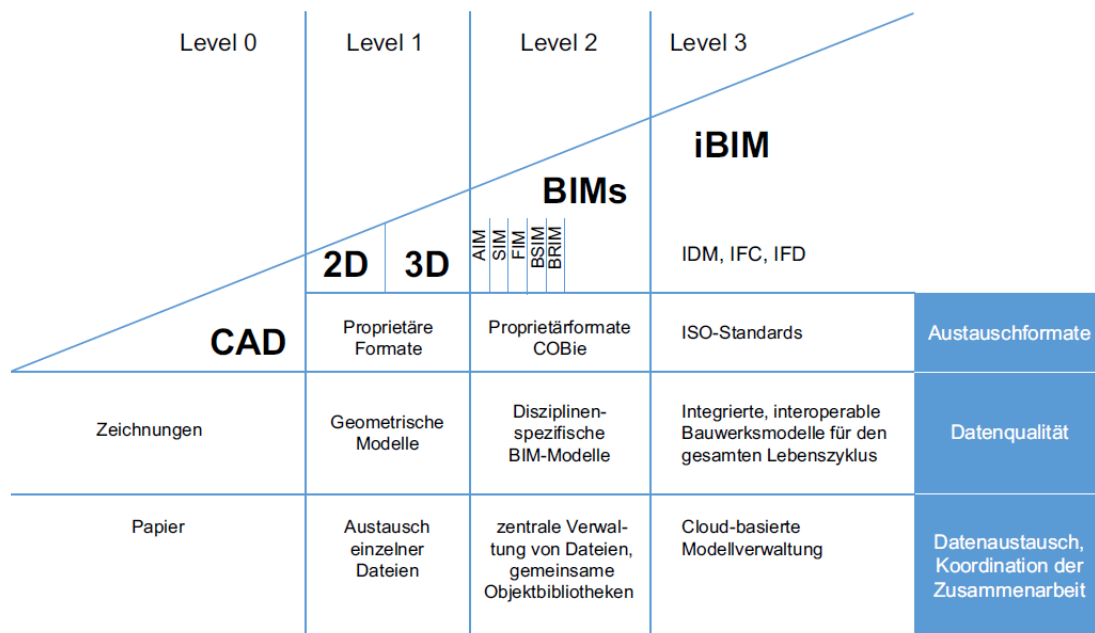


Abbildung 4 Britisches BIM-Reifegradmodell (Borrman et al. 2015)

Die Durchführung aller öffentlichen Bauvorhaben mit Level 2 ist seit 2016 durch die britische Regierung festgelegt worden. Level 2 schreibt die Nutzung einer BIM-Software vor. Die Anwendung eines bestimmten CAD Programms ist nicht vorgeschrieben, jedoch muss das Modell in eines der offenen Datenformate, wie Industry Foundation Class (IFC) oder (Construction Operations Building Information Exchange) COBie, exportiert werden können (Richard McPartland 2014). Die Bearbeitung der verschiedenen Modelle erfolgt durch den jeweiligen Fachplaner. Die Änderungen werden regelmäßig auf einer gemeinsamen Plattform, auch Common Data Environment (CDE) genannt, zusammengeführt und abgestimmt (Borrman et al. 2018). Der nächste Schritt der britischen Regierung ist die Einführung von Level 3 bzw. BIG Open BIM. Diese Stufe sieht die ISO-Standards als Austauschformate vor sowie die Verwendung eines Modells über den gesamten Lebenszyklus. Zudem soll der Datenaustausch und die Projektzusammenarbeit Cloud-basiert abgewickelt werden (Borrman et al. 2015).

3.3. Status Quo in Deutschland

Im internationalen Vergleich befinden sich beispielsweise die skandinavischen Länder oder Russland bezogen auf BIM vor Deutschland (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Während in den genannten Ländern BIM bereits verpflichtend eingesetzt wird, befindet sich Deutschland derzeit noch in der Implementierungsphase (BMVI).

Spätestens mit der Einführung des Stufenplans Digitales Planen und Bauen des Bundesministeriums für Verkehr und Digitale Infrastruktur (BMVI) im Jahr 2015 ist BIM ein fester Begriff der Baubranche geworden. Der Stufenplan legt fest, dass ab 2020 alle öffentlichen Bauvorhaben der Infrastruktur im BIM Leistungsniveau 1 abzuwickeln sind (BMVI).

Das Leistungsniveau 1 deckt folgende Aufgaben ab:

- Erstellung der „Auftraggeber-Informationen-Anforderungen“ (AIA) das den genauen Zeitpunkt der Datenübergabe festlegt
- Lieferung aller zu erbringenden Leistungen auf Grundlage vom fachmodellbasierten Arbeiten in digitaler Form
- Forderung von herstellerneutralen Datenformaten in der Ausschreibung, um den Datenaustausch zu ermöglichen
- Aufnahme von BIM als anzuwendendes Planungsinstrument in den Vertrag
- Definition von Abläufen, Schnittstellen, Interaktionen sowie den genutzten Technologien in einem sogenannten „BIM-Abwicklungsplan“ (BAP)
- Schaffung einer „Gemeinsamen Datenumgebung“ zur organisierten Aufbewahrung und zum verlustfreien Austausch der im Planungs- und Bauprozess erzeugten Daten (BMVI 2017b)

Um die Vorgaben zu erfüllen, setzt sich der Plan aus drei Phasen zusammen (siehe Abbildung 5).

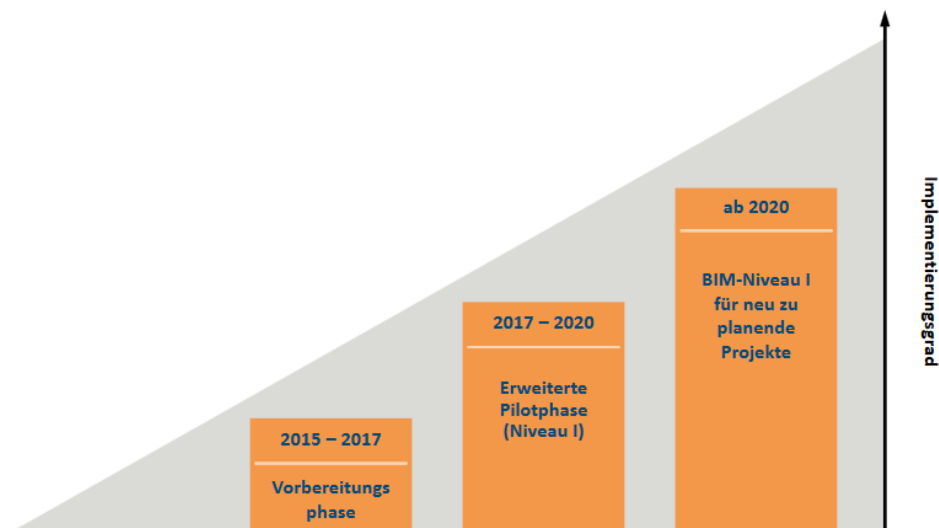


Abbildung 5 Stufenplan des BMVI (BMVI 2015)

Die Vorbereitungsphase (Stufe 1) besteht aus drei Aspekten: Ausbildung des Personals, Formulierung von geeigneten Standards und BIM-Leitfäden sowie Klären von rechtlichen Fragen (BMVI). Praxiserfahrungen werden mit Hilfe von wissenschaftlich begleitenden Pilotprojekten gesammelt, welche die Grundlage für die erweiterte Pilotphase bildet. (BMVI 2017b) Durch wissenschaftliche Dokumentationen konnten Probleme sowie Defizite der BIM-Methode herausgestellt und bewertet werden, die dazu beitragen geeignete Maßnahmen zu erarbeiten (Liebich et al. 2018).

Da in der Vorbereitungsphase die BIM-Methode nur teilweise eingesetzt wurde, stieg die Anzahl der Pilotprojekte in der zweiten Phase an. Diese werden bereits mit dem Leistungsniveau 1 abgewickelt werden. Vor dem Hintergrund konnte das Basiswissen fundiert und in allen Planungs- und Bauphasen Erfahrung angeeignet werden (BMVI 2017b).

Ziel des Stufenplans ist die Ermöglichung einer großflächigen BIM-Einführung sowie mit Hilfe der öffentlichen Hand als Vorbild, kleinen- und mittelständigen Unternehmen bei der digitalen Entwicklung zu unterstützen (BMVI).

3.4. BIM in der Infrastruktur – IFC-Bridge

In Deutschland verschob sich der Fokus mit der Einführung des Stufenplans zunehmend auf die Entwicklung und Förderung der BIM-Methode im Infrastrukturbereich. Um die BIM-Implementierung voranzutreiben und zu unterstützen, wurde beispielsweise die Arbeitsgemeinschaft **BIM4INFRA** gegründet. Zu deren Aufgaben zählen unter anderem die aktive Begleitung und Durchführung der Pilotprojekte sowie die Erstellung von Leitfäden und einheitlichen Datenstrukturen, die zu einer einheitlichen BIM-Nutzung verhelfen sollen (ARGE BIM4INFRA2020 2017).

In Hinblick auf das offene Datenformat IFC wurde der Schwerpunkt in den letzten Jahren zunehmend auf den Infrastruktursektor gelegt. Die Forschungsinitiative *IFCinfra*, gefördert vom BMVI, hat sich die Weiterentwicklung des IFC-Formats für den Infrastrukturbereich zur Aufgabe gemacht. Mit der Erweiterung des IFC4 durch das IFC-Alignment Projekt auf IFC 4.1, das als Neuerung unter anderem Trassierungsobjekte enthält, wurde der Grundstein für die Fortentwicklung weiterer IFC-Standards gelegt (planen-bauen 4.0 2018; Liebich 2017).

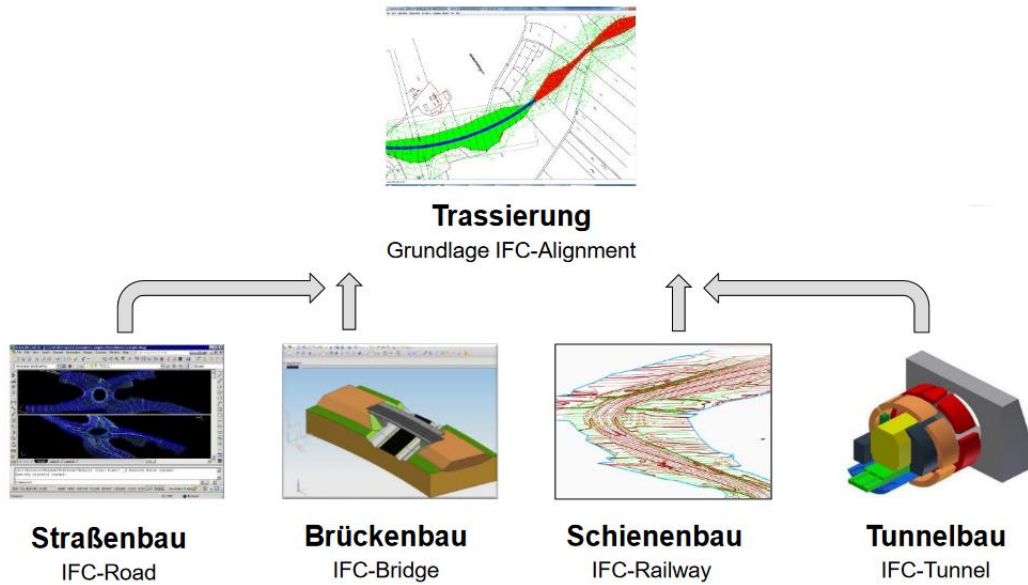


Abbildung 6 IFC- Alignment Entwicklung (planen-bauen 4.0 2018)

Eines dieser Projekte beschäftigt sich mit der Entwicklung des IFC-Bridge Formats, speziell ausgerichtet für Brückenbauwerke. Ausgehend von dem Datenformat IFC soll mit IFC-Bridge der Informationsaustausch für die digitale Beschreibung von Brückenbauwerken standardisiert werden (planen-bauen 4.0 2017).

Die Entwicklung des internationalen Standards erfordert die Mitarbeit von diversen Industrienationen, wie beispielsweise China, Frankreich und Deutschland. Die individuellen Ideen und Verbesserungen werden anschließend international zusammengetragen. Die sich daraus ergebenden Defizite der Entwürfe, werden identifiziert, analysiert und im nächsten Schritt verbessert (planen-bauen 4.0 2017). Das sich über zwei Jahre erstreckende Projekt legt dabei den Fokus auf die gängigsten Brückenarten wie beispielsweise Balken- und Hohlbalkenbrücken sowie auf Brücken mit den Materialeigenschaften Stahlbeton oder Spannbeton, um in der gegebenen Zeit, aussagekräftige Ergebnisse zu generieren (planen-bauen 4.0 2017). Das Projekt untersuchte in einem Arbeitspaket in einer Nutzen-Analyse gegebene Anwendungsfälle hinsichtlich der Komplexität die notwendigen Datenstrukturen dafür zu entwickeln. Darauf aufbauend wurden Anwendungsfälle ausgewählt, die bei der Entwicklung des IFC-Bridge-Formats berücksichtigt werden sollten, unter anderem auch für die geometrischen Anforderungen (Castaing et al. 2018b). (IFC-Bridge Project Team 2019) Um die nötigen Datenanforderungen zu erfüllen, wurden benötigte Informationen einzelner Komponenten eines Brückenbauwerks, auf Grundlage von repräsentativen Brückenprojekten, untersucht. Die Betrachtung erfolgte dabei auf folgender Unterteilung:

- *Allgemeine Rahmenbedingungen (z.B. Projektinformationen)*
- *Unterbau (z.B. Widerlager, Pfeiler)*
- *Überbau (z.B. Träger, Querträger)*
- *Brückenfahrbahn (z.B. Fahrbahnbelag)*
- *Mechanische Verbindungen (z.B. Lager)*
- *Informationen die für Referenzzwecke auf Bauplänen zu finden sind:*
 - *Bewehrung und Vorspannung*
 - *Entwässerung*
 - *Elektrik*
 - *Verkehrssteuerung/-überwachung sowie*
 - *Temporäre Elemente*

(Castaing et al. 2018b)

In einem zweiten Arbeitspaket wurde das Konzept zur Erweiterung des IFC-Schemas entworfen. Aufbauend auf dem IFC4.1 Format wurde die Erweiterung für IFC-Bridge durchgeführt. Dafür wurden relevante Konzepte, die für die Modellierung von Brücken erforderlich sind in folgende Module zusammengefasst:

- *General concept*
- *Geometry representation and positioning*
- *Spatial structure*
- *Physical elements*
- *Physical distribution elements*
- *Systems*

(Castaing et al. 2018a)

Die einzelnen Module bestehend aus Klassen, wurden für das IFC-Bridge-Projekt zum Teil mit Typen von Brückenbauwerken erweitert oder im Ganzen neu implementiert (siehe Abbildung 7) (Castaing et al. 2018a; IFC-Bridge Project Team 2019).

<pre><<enumeration>> WallTypeEnum</pre>	<pre><<enumeration>> BearingTypeEnum</pre>	<pre><<enumeration>> BridgeTypeEnum</pre>
MOVABLE PARAPET PARTITIONING PLUMBINGWALL SHEAR SOLIDWALL STANDARD POLYGONAL ELEMENTEDWALL RETAININGWALL USERDEFINED NOTDEFINED	CYLINDRICAL SPHERICAL ELASTOMERIC POT GUIDE ROCKER ROLLER USERDEFINED NOTDEFINED	BOXGIRDERBRIDGE ARCHEDBRIDGE SUSPENSIONBRIDGE CABLE-STAYEDBRIDGE CULVERTBRIDGE GIRDERBRIDGE SLABBRIDGE CANTILIVERSLABBRIDGE BOWSTRINGBRIDGE LADDERBRIDGE FRAMEWORKBRIDGE PORTALBRIDGE USERDEFINED NOTDEFINED

Abbildung 7 Erweiterung/Erneuerung (rot); Physical elements –1) Wandtyp 2) Lagertyp 3) Spatial structure - Brückentypen (Castaing et al. 2018a)

Abbildung 8 zeigt beispielhaft den neuen Aufbau von IFC-Bridge ausgehend von dem Konzept „Spatial structure“. Diese beschreibt die räumliche Rangordnung des Brückenmodells (Castaing et al. 2018a).

Spatial structure example

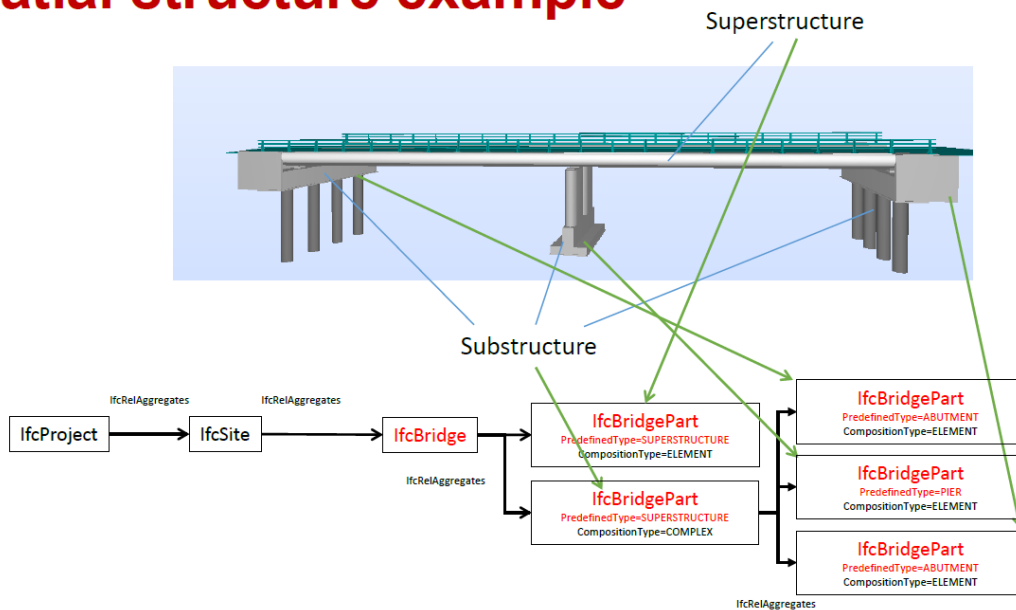


Abbildung 8 Bildhafte Darstellung Spatial structure mit Klassendarstellung (Hyvärinen 2018)

Innerhalb der Projektphase wurden die einzelnen Module mit Klassen und Typen erweitert und Ende März 2019 offiziell als IFC-Bridge Erweiterung verabschiedet (planen-bauen 4.0 2019).

3.5. Richtlinien für Ingenieurbauten

Bei der Planung Ingenieurbauten beispielweise Brücken sind gewisse Richtlinien zu Bauwerksentwürfen oder -informationen zu beachten. Die Rahmenbedingungen zu Form und Inhalt von Entwürfen sind in der Richtlinie für das Aufstellen von Bauwerksentwürfen für Ingenieurbauten (**RAB-ING**) erfasst. Die Entwürfe, die anschließend als Basis für die Bauausführung dienen, müssen dementsprechend alle dafür benötigten Informationen enthalten (BMVI 2016). Um eine einheitliche Gestaltung der Entwürfe zu ermöglichen, stellt die RAB-ING Vorlagen für verschiedene Formblätter zur Verfügung (siehe Abbildung 9).

Baustoffangaben						
Bauteil:	Beton	Expositionsclassen**) Feuchtigkeitsklasse	Entwicklung der Betonfestigkeit***)	Bau-stahl	Beton-stahl	Spann-stahl
Kappen, Gesims	C25/30	XC4, XD3, XF4, WA	r≤0,3/0,5		B500B	
Überbau	C35/45	XC4, XD1, XF2, WA	r≤0,3/0,5		B500B	St1570/ 1770
Lagersockel	C30/37	XC4, XD1, XF2, WA	r≤0,3/0,5		B500B	
Pfeiler	C30/37	XC4, XD2, XF2, WA	r≤0,3/0,5		B500B	
Kammerwände	C30/37	XC4, XD1, XF2, WA	r≤0,3/0,5		B500B	
Widerlager	C30/37	XC4, XD2, XF2, WA	r≤0,3/0,5		B500B	
Fundamente	C30/37	XC2, XD2, XF2, WA	r≤0,3/0,5		B500B	
Pfähle	C30/37	XC2, XD2, XF2, WA			B500B	
Sauberkeitsschicht	C12/15	X0				
Vorspannung	längs / quer *)					
Kappen, Gesims	Mindestluftporengehalt nach ZTV-ING 3-1, Tab. 3.1.1 max. w/z-Wert 0,50 nach ZTV-ING 3-1					

*) Nichtzutreffendes streichen

**) alle Expositionsclassen sind anzugeben

***) Festigkeitsentwicklung des Betons nach
DIN EN 1992-2/NA ist anzugeben:
r≤0,3 unter sommerlichen Temperaturen
r≤0,5 unter winterlichen Bedingungen

Abbildung 9 Formblatt Baustoffangaben RAB-ING (BMVI 2016)

Lagertabelle				
Lagerkräfte und Lagerbewegungen sowie Bewegungen an den Fahrbahnübergängen für die Grundkombination nach DIN EN 1990/NA Anhang NA.E				
<p>Symbol für Bewegungsrichtung, Lagerungsart/-typ nach DIN EN 1337-1</p>	Achse ->	10	20	30
	Reihe			
	1			
2				
Lager-Typen				
		allseits fest	längs fest	quer fest
				allseits beweglich
Lagerkräfte				
Vertikalkräfte in [MN] im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)				
max. N_{Ed}	1			
	2			
min. N_{Ed}	1			
	2			
Horizontalkräfte in [MN] im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)*				
max. $ V_{x,Ed} $				
max. $ V_{y,Ed} $				
charakteristische Vertikalkräfte in [MN] im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG)				
ständige Einwirkung max. N_{ex}	1			
	2			
Lagerbewegungen ¹				
Verschiebung in [mm] im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)				
max. $ v_{x,d} $				
max. $ v_{y,d} $				
Verdrehung in [mrad] im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)				
max. $ \alpha_{x,d} $				
max. $ \alpha_{y,d} $				
Bewegung am Fahrbahnübergang ²				
Verschiebung in [mm] im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)				
max. $\Delta v_{x,d} $				
max. $\Delta v_{y,d} $				
Bei den Bewegungen sind die Bewegungszuschläge sowie die Mindestbewegungen nach DIN EN 1337-1 nicht berücksichtigt. Formelzeichen und Symbole gemäß DIN EN 1337-1. Lokale Koordinaten der Lager sind anzupassen. *) Bei Verformungslagern: ohne Berücksichtigung von Rückstellkräften; bei Gleitlagern: ohne Berücksichtigung der Lagerreibung				

Abbildung 10 Formblatt Lagertabelle RAB-ING (BMVI 2016)

Die in Abbildung 9 und Abbildung 10 dargestellten Tabellen stellen einen Teil der vorgegebenen Formblätter dar, die die jeweilig benötigten Informationen (hier: Baustoffangaben und Lagerkräfte) in einem Plan vorgeben (BMVI 2016). Ferner existieren neben der RAB-ING, die Richtzeichnungen für Ingenieurbauten (RIZ-ING), die wie folgt definiert werden:

„Die technischen Bestimmungen der Richtzeichnungen dieser Sammlung beschreiben die für die Planung, Kalkulation und Ausführung von Bauwerken und ihrer Teile geltenden Bedingungen, damit für wiederkehrende technische Aufgaben hierfür bewährte Lösungen vorgesehen werden können. Zudem besteht so auch für die Hersteller die Möglichkeit einer sinnvollen Produktion und Lagerhaltung bestimmter Bauteile, da die Richtzeichnungen für alle Bundesfernstraßen gleichermaßen Anwendung finden.“ (BMVI Dezember 2017, S. 1)

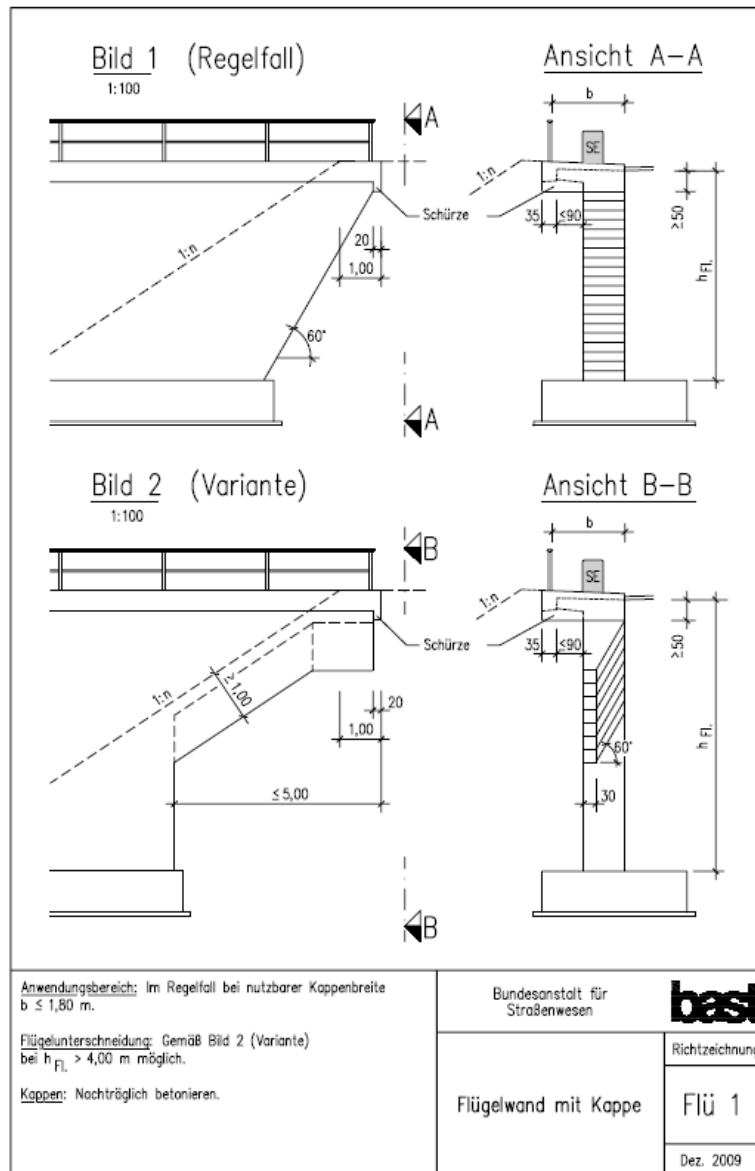


Abbildung 11 Flügelausbildung - RIZ-ING (BMVI 2017a)

Abbildung 11 zeigt beispielhaft eine Zeichnung zur Flügelausbildung eines Brückenbauwerks. 1972 wurden die ersten bundeseinheitlichen Richtzeichnungen eingeführt, die Teil des Regelwerks für Brücken- und Ingenieurbau der Bundesfernstraßen des BMVI sind. Diese werden regelmäßig aktualisiert oder je nach Bedarf geändert (BMVI Dezember 2017).

Neben den zwei bereits genannten Richtlinien existiert die „Anweisung Straßeninformationsbank Segment Bauwerksdaten“ (ASB-ING). Die ASB-ING erfasst und verwaltet Bauwerksinformationen, die unter anderem zur Erhaltung von Bestandsbauten genutzt wird (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung).

Die Unterteilung der Brückenelemente gliedert sich nach dem folgenden Schema:

- Überbau (Hauptbauteile der Brücken und Tunnel)
 - Unterbau (Hauptbauteile der Brücken und Tunnel)
 - Bauwerk (Hauptbauteile der VZ-Brücken, Tunnel-/ Trog-/Lärmschutz-/Schutz-/Stützbauwerke, Sonstige Bauwerke)
 - Vorspannung
 - Gründung
 - Erd- und Felsanker
 - Brückenseile
 - Lager
 - Fahrbahnübergang
 - Abdichtung
 - Beläge
 - Kappen
 - Schutzeinrichtung
 - Sonstiges (Andere Konstruktionsbauteile)
- (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung)

Zusätzlich zur Bauteilunterteilung werden den Bauwerken Bauwerksnummern zugeteilt, um eine eindeutige Zuordnung zu gewährleisten. Darauf wird im Folgenden nicht weiter eingegangen, da dies für die Masterarbeit nicht relevant ist.

Die in der ASB-ING aufgelisteten Bauwerksinformationen beinhalten je Element Daten zur Konstruktion, Verwaltung, Prüfung und zum Zustand der Bauwerke. Abbildung 12 zeigt beispielhaft einen Ausschnitt der übergeordneten Informationen für eine Brücke. Zudem enthält jede Information eine detaillierte Beschreibung sowie, falls vorhanden, eine Liste von verschiedenen Auswahlmöglichkeiten (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung).

Konstruktionshöhe

Die Konstruktionshöhe ist das zwischen der Überbauunterkante und der Oberkante der Tragkonstruktion unter der Abdichtung gemessene Maß. Um den Schlankheitsgrad des Überbaus definieren zu können, werden diese Maße für das Feld mit der größten Stützweite bestimmt. Bei Bogen und Gewölben sind die "minimalen" Konstruktionshöhen stets im Scheitel anzunehmen, die "maximalen" am Kämpfer bzw. bei Kämpfergelenken im Viertelpunkt. Bei Gewölben mit Stützweiten unter 7,50 m sind Schätzwerte zulässig.

Konstruktionshöhe min.

(Meter, numerisch, 5.2 Stellen)

Konstruktionshöhe max.

(Meter, numerisch, 5.2 Stellen)

Anzahl Felder

(numerisch, 4 Stellen)

Anzahl Überbauten

Bei Brücken ist grundsätzlich die Zahl 1 einzutragen (siehe A.1.1). Einfeldträgerketten aus gleichartigen Überbauten werden als Felder erfasst.

(numerisch, 2 Stellen)

Anzahl Stege

Angabe nur bei mehrstegigen Plattenbalken / Trägerrost

(numerisch, 2 Stellen)

Längsneigung max.

Maximale Neigungen des Fahrbahnbelages auf dem Bauwerk

(Prozent, numerisch, 4.1 Stellen)

Querneigung max.

Maximale Neigungen des Fahrbahnbelages auf dem Bauwerk

(Prozent, numerisch, 4.1 Stellen)

Krümmung

Zu erfassen sind die Krümmung und die Aufweitung des Bauwerkes im Grundriss.

Nicht gekrümmt ($R \geq 1500$ m), nicht aufgeweitet	030121000000000
Gekrümmt ($R < 1500$ m) (nicht aufgeweitet)	030122000000000
Gekrümmt ($R < 500$ m) (nicht aufgeweitet)	030123000000000
Gekrümmt ($R < 100$ m) (nicht aufgeweitet)	030124000000000
Aufgeweitet und nicht gekrümmt ($R \geq 1500$ m)	030125000000000
Aufgeweitet und gekrümmt ($R < 1500$ m)	030126000000000
Aufgeweitet und gekrümmt ($R < 500$ m)	030127000000000
Aufgeweitet und gekrümmt ($R < 100$ m)	030128000000000

Abbildung 12 Ausschnitt Bauwerksdaten – Brücke (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung)

In wie fern und in welchem Ausmaß die genannten Richtlinien im Detaillierungskonzept eine Rolle spielen, wird in dem zugehörigen Kapitel 5.2 näher erläutert.

4. Begrifflichkeiten zur Bestimmung eines Detaillierungskonzeptes

Die Entwicklung eines Detaillierungskonzeptes bedarf zunächst der Beschreibung der erforderlichen Begrifflichkeiten. Dafür werden im ersten Teil des Kapitels verschiedene Klassifikationssysteme aufgegriffen und erläutert. Verschiedene Status Quo im nationalen sowie internationalen Kontext, geben einen Überblick über die vorhandenen Systeme. Der zweite Teil des Kapitels geht auf die Anforderungen und Regelungen sowie die unterschiedlichen Detaillierungsmöglichkeiten für Modellinhalte ein. Basierend auf diesen Grundlagen, werden die Unterschiede herausgestellt und verglichen. Die daraus gewonnenen Aspekte, dienen im Anschluss der Entwicklung des Detaillierungskonzeptes.

4.1. Klassifikationssysteme

4.1.1. Definition

Die Nutzung von Klassifikationssystemen im Bereich Building Information Modeling ist von essenzieller Bedeutung, denn neben einer einheitlichen Gliederung der Modellinhalte erleichtert eine solche Grundlage die Implementierung der BIM-Methode. In einem Klassifikationssystem werden prinzipiell Bauteile sortiert und in Beziehung zueinander gesetzt. Generell gibt es unterschiedliche Möglichkeiten Daten zu klassifizieren, beispielsweise nach Funktion, Form, Lage, Material oder Gewerk (Borrmann et al. 2015). Der variable Aufbau eines Klassifikationssystems impliziert daher die Existenz von verschiedenen Systemen, die auf diese Weise bereits im In- und Ausland vorzufinden sind. Diese werden in den folgenden zwei Kapiteln aufgegriffen und näher erläutert.

4.1.2. Derzeitiger Stand international

Die zwei international bekanntesten Klassifikationssysteme sind einerseits die OmniClass, entwickelt in Nordamerika, sowie das britische Äquivalent Uniclass. Als Grundlage für die Entwicklung beider Klassifikationssysteme wurde die internationale Norm ISO 12006-2 verwendet (OCCS Development Committee 2006).

Die Arbeitsmethode BIM erfordert eine standardisierte und organisierte Datenstrukturierung, die durch die Klassifikation OmniClass abgebildet werden kann. Das Klassifikationssystem beinhaltet 15 Tabellen, das in drei Bereiche unterteilt ist und so die Bauwerksinformationen strukturiert. Neben dem ersten Bereich, der die Strukturierung von „Baudaten“ aufgreift und

dem zweiten, der die Organisation von Baumaßnahmen widerspiegelt, thematisiert die dritte Gruppe den Bauprozess, innerhalb des vollständigen Lebenszyklus (OCCS Development Committee 2006). Die einzelnen Tabellen klassifizieren unabhängig voneinander unterschiedliche Informationen, wie „Elemente“, „Disziplinen“ oder „Material“, welche innerhalb der Tabelle nochmals in Abstufungen detaillierter beschrieben werden. Zudem ist die Kombination einzelner Tabellen möglich, die ferner mit Hilfe einer Nummerierung eindeutig zugeordnet sind (OCCS Development Committee 2006). Infolgedessen gestaltet sich die Klassifizierung einer Brücke wie folgt:

- 23-39 00 00 Versorgungs- und Verkehrs Produkte (Utility and Transportation Products)
 - 23-39 13 00 Tunnel und Brücken (Tunnels and Bridges)
 - 23-39 13 13 Brücken (Bridges)
 - 23-39 13 11 Vorgefertigte Brücken (Prefabricated Bridges)
 - 23-39 13 13 Brückenbalken (Bridge Beams)
 - 23-39 13 15 Brückenfachwerkträger (Bridge Trusses)
 - 23-39 13 17 Brückenkabel (Bridge Cable)
 - 23-39 13 19 Brückenlager (Bridge Bearings)
 - 23-39 13 19 11 Feste Brückenlager (Fixed Bridge Bearings)
 - 23-39 13 19 13 Brückengleitlager für Dehnungsbrücken (Expansion Bridge Bearings)
 - 23-39 13 19 15 Allseitsbewegliche Brückenlager (Multi Rotational Bridge Bearings)

(OCCS Development Committee 2015)

Analog wie die OmniClass Klassifizierung, setzt sich die Uniclass aus verschiedenen Tabellen zusammen. Bei der Klassifizierung werden Bauinformationen mit ähnlichen Eigenschaften gruppiert und hierarchisch, nach unten mit der höchsten Detaillierung, sortiert (siehe Abbildung 13). Dies ermöglicht eine Projektbeschreibung vom Groben zum Detaillierten mit Hilfe von Tabellen.

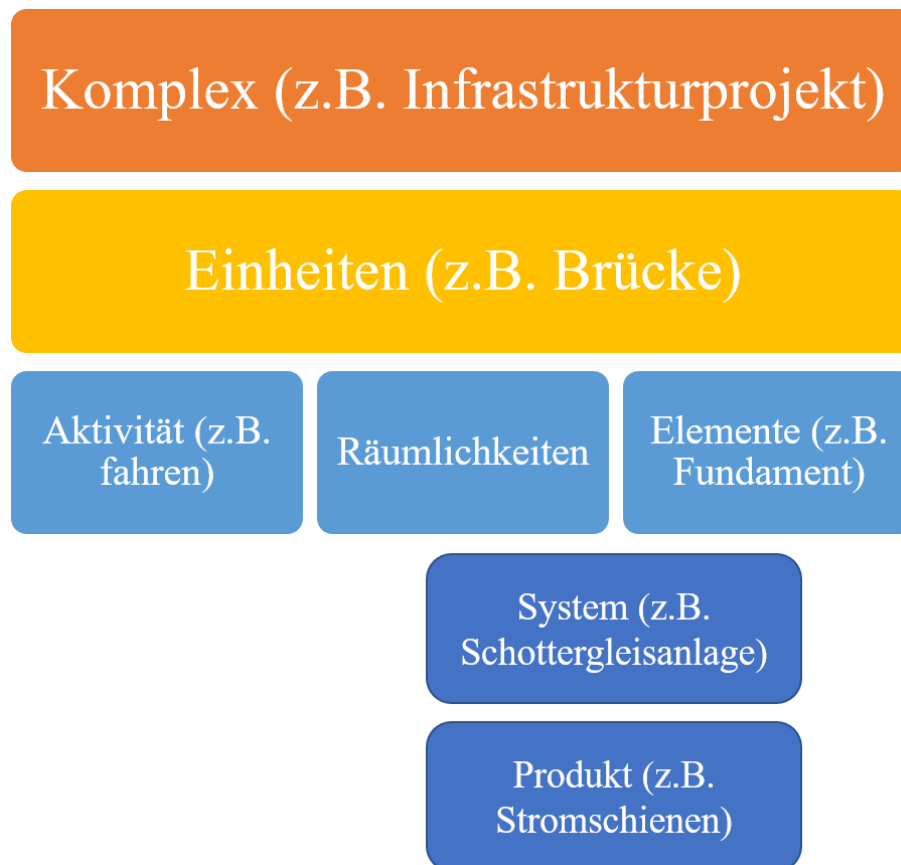


Abbildung 13 Uniclass2 Hierarchie (Chapman 2013)

Vereinfacht dargestellt (vgl. Abbildung 13) enthalten Komplexe demnach Einheiten, die wiederum Elemente enthalten. Diese bestehen aus Systemen, die mittels Produkte ausgedrückt werden können (Chapman 2013). Der Begriff Komplex beschreibt das Gesamtprojekt. Dies kann beispielsweise ein Infrastrukturprojekt sein bei welchem die vollständige Projektumgebung miteinbezogen wird. Hingegen beschreiben Einheiten einzelne Komponenten eines Gesamtprojektes, wie Gebäude oder Brücken. Mit Aktivitäten werden die Tätigkeiten beschrieben. Bezogen auf ein Infrastrukturprojekt sind „transportieren“ oder „fahren“ Beispiele. Alle Räumlichkeiten innerhalb des Projekts werden mit Hilfe der Komponente Raum eingeschlossen, wohingegen die Komponente Elemente die Hauptbestandteile eines Objektes umfasst. In Verbindung mit einem Brückenprojekt, sind dies zum Beispiel Fundament, Widerlager und Stütze (Delaney 2015).

Neben der hierarchischen Anordnung bestehen weitere Zusammenhänge zwischen den Tabellen, die eine detaillierte Beschreibung ermöglichen:

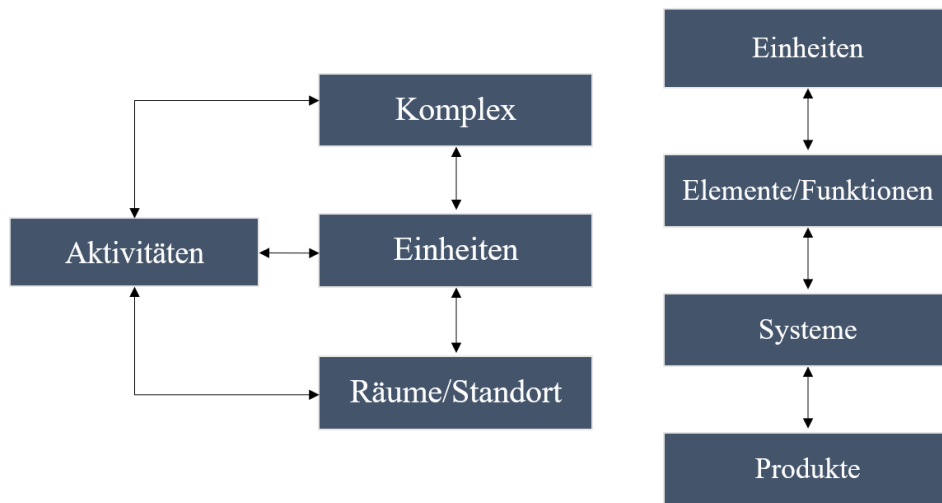


Abbildung 14 Zusammenhang der Uniclass Tabellen (Delaney 2015)

Um das Klassifikationssystem den BIM-Prozessen anzupassen wurden drei weitere Tabellen hinzugefügt: Projekt Management, Tools und Equipment sowie Form der Information (Delaney 2015).

Jedes Objekt wird mit vier bis fünf Zahlenpaaren eindeutig beschrieben, wobei die einzelnen Zahlenpaare jeweils auf eine bestimmte Tabelle hinweisen. Abbildung 15 zeigt beispielhaft verschiedenen Zahlenpaare und deren zugehörige Tabelle.

Complexes, entities, spaces, locations and activities

(Larger scale items – arranged broadly by industry sector and function)

10 Preparation and repair	20 Administrative, commercial and protective services	25 Cultural, educational, scientific and information	30 Industrial	32 Water and land management	35 Medical, health, welfare and sanitary	40 Recreational	42 Sport and activity	45 Residential
50 Waste disposal	55 Piped supply	60 Heating, cooling and refrigeration	65 Ventilation and air conditioning	70 Electrical power generation and distribution	75 Communications, security, safety and protection	80 Transport	85 Operation and maintenance	90 Circulation and storage

Abbildung 15 Nummerierungstabelle Uniclass (bsi 2016)

Folgendes Schema zeigt beispielhaft die Klassifizierung von Brückenbauwerken:

Ss_30_16	Static bridge deck structure systems
Ss_30_16_10	Bridge deck systems
Ss_30_16_10_08	Box girder bridge deck systems
Ss_30_16_10_12	Composite steel and concrete bridge deck systems
Ss_30_16_10_13	Conarch bridge systems
Ss_30_16_10_15	Concrete half through deck systems
Ss_30_16_10_16	Concrete slab deck systems

(NBS o.J.)

4.1.3. Derzeitiger Stand national

Ein Klassifikationssystem auf nationaler Ebene ist die DIN-Norm 276, für Kostenplanung. Aufgelistet werden einheitlich gegliederte Kostengruppen für den Hochbau, Ingenieurbau sowie Infrastrukturanlagen. Mit Hilfe der Norm soll eine Grundlage für ein standardisiertes Vorgehen in der Kostenplanung sowie eine gewisse Vergleichbarkeit bei Kostenermittlungen geschaffen werden. Im Dezember 2018 wurde eine aktualisierte Fassung mit diversen Änderungen veröffentlicht. Mit dieser wurden unter anderem die getrennten Teile für den Hochbau (DIN 276-1) und den Ingenieurbau (DIN 276-4) zusammengefasst. Die Klassifizierung erfolgt nach Kostengruppen, die wiederum in drei Ebenen unterteilt werden (Norm DIN 276:2018-12). Die erste Ebene, gegliedert in 100er Schritten, fasst die Gesamtkosten in acht Gruppen, wie folgt zusammen:

- 100 Grundstück
- 200 Vorbereitende Maßnahmen
- 300 Bauwerk – Baukonstruktion
- 400 Bauwerk – Technische Anlagen
- 500 Außenanlagen und Freiflächen
- 600 Ausstattung und Kunstwerke
- 700 Baunebenkosten
- 800 Finanzierung

(Norm DIN 276:2018-12)

Ausgehend davon erfolgen weitere Unterteilungen in zwei Ebenen. Diese werden beispielsweise für die Gruppe „Infrastrukturanlagen“ folgendermaßen gegliedert:

- 300 Bauwerk - Baukonstruktion
 - 370 Infrastrukturanlagen
 - 371 Anlagen für den Straßenverkehr
 - 372 Anlagen für den Schienenverkehr
 - 373 Anlagen für den Flugverkehr
 - 374 Anlagen des Wasserbaus
 - 375 Anlagen der Abwasserentsorgung
 - 376 Anlagen der Wasserversorgung
 - 377 Anlagen der Energie- und Informationsversorgung
 - 378 Anlagen der Abfallentsorgung
 - 379 Sonstiges zur KG 370
(Norm DIN 276:2018-12)

Neben der Klassifizierung nach Kostengruppen, ist eine Sortierung nach Objekttypen ebenfalls möglich. Äquivalent zu den Objekten „Wand“ und „Tür“ im Hochbau, wäre die Objektklassifizierung im Ingenieurbau mit „Widerlager“ oder „Pfeiler“ vorzunehmen (Verein Deutscher Ingenieure e.V. 2018b; DB 2016).

4.1.4. Anwendung im Brückenbau

Kapitel 4.1.2 und Kapitel 4.1.3 stellen einen Ausschnitt der existierenden Klassifikationssysteme dar. Als weitere Systeme wären hier beispielsweise die DIN SPEC 91400 sowie die DIN EN ISO 16739 zu erwähnen. Ersteres listet die jeweiligen Merkmale für den Hochbau auf, die unter anderem bei der Beschreibung von Bauleistungen oder zur Mengen- und Kostenermittlung benötigt werden. Die zweite genannte Vorschrift ist eine Norm bezogen auf BIM-Daten, deren Struktur eine Unterteilung von Modellobjekttypen vornimmt (ARGE BIM4INFRA2020 2018a). Die genannten Klassifikationssysteme sind bisweilen hochbauspezifisch ausgelegt. Zusätzliche Klassifikationssysteme die im Zusammenhang mit der Infrastruktur aufgelistet werden können, sind zum einen die „Anweisung zur Kostenermittlung und zur Veranschlagung von Straßenbaumaßnahmen“ (AKVS) sowie die Richtlinie 808 der deutschen Bahn zur Kostenermittlung beinhaltet (BMVI 2015; DB 2016). Beide genannten Systeme beziehen sich zwar auf den Infrastrukturbereich, sind jedoch nur auf die Ermittlung von Kosten ausgelegt.

Generell gesehen bezieht sich die Klassifikation von Objekten bezieht sich in der Infrastruktur entweder nur auf ausgewählte Bauteile, Prozesse (Kostenermittlung) oder uneingeschränkt auf den Hochbaubereich (ARGE BIM4INFRA2020 2018a). Mit Hilfe des Bundes soll diese Lücke zukünftig durch Klassifikationssysteme im Infrastrukturbereich sowie mit der Entwicklung des Datenformats IFC5 für die Infrastruktur geschlossen werden (ARGE BIM4INFRA2020 2018a).

4.2. Modellinhalte und Anforderungen

Um innerhalb eines Projektes ein einheitliches Verständnis über den geforderten Inhalt der Modelle zu garantieren, müssen vor Beginn klare Grundbedingungen festgelegt werden. Diese werden zu Beginn vom Auftraggeber (AG) in den Auftraggeber-Informationen-Anforderungen (AIA) definiert, die die Ziele für den Einsatz der BIM-Methode darlegen. Hierin wird festgelegt, zu welchem Zweck die aus dem BIM-Prozess generierten Daten dienen. Die AIA legt den Fokus auf die Bestimmung der zu erreichenden BIM-Ziele sowie die damit einhergehenden Rahmenbedingungen. Da diese zudem die Basis für die Honorarberechnung bilden, müssen darin alle relevanten Informationen, wie Projektinformationen, Meilensteine, Rollen und Verantwortliche sowie erforderliche Modelle, erfasst sein (Verband Beratender Ingenieure VBI 2016).

Die Festlegung von Modellinhalten kann abhängig von der BIM-Expertise des AG schon in den AIA erfolgen, jedoch spätestens bei der Erstellung des BIM-Projektentwicklungsplans (BAP), welcher ausgehend von den AIA erstellt wird (siehe Abbildung 16). Darin werden die erforderlichen Modellinhalte und die damit einhergehenden Detaillierungen, hinsichtlich Geometrie sowie Semantik, zur Zielerreichung festgelegt (ARGE BIM4INFRA2020 2018a).

Der BAP wird gemeinsam mit dem AG und AN fortgeschrieben und legt weitere Aspekte zur Zusammenarbeit fest, womit er ein Hauptbestandteil des Projekts bildet (Verein Deutscher Ingenieure e.V. 2018a; Verband Beratender Ingenieure VBI 2016).

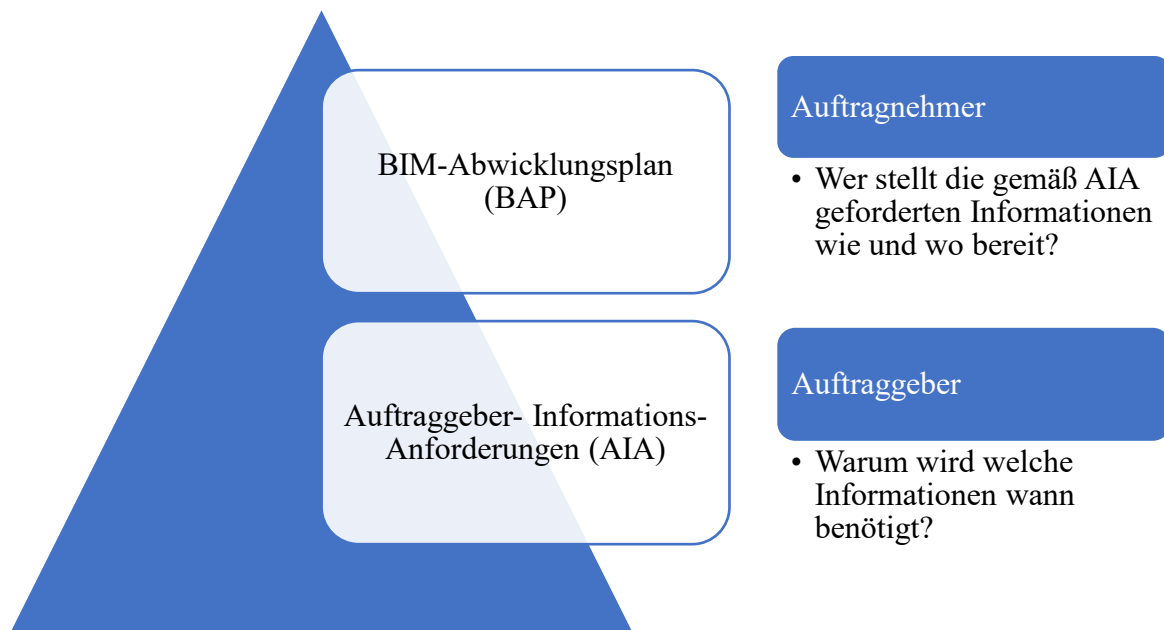


Abbildung 16 Aufbau und Inhalt AIA und BAP – eigene Darstellung (Verband Beratender Ingenieure VBI 2016)

4.3. Anwendungsfälle

Ein essenzieller Bestandteil der BIM-Planung ist die Auswahl der benötigten Anwendungsfälle zum Projektbeginn. Diese werden von der ARGE BIM4INFRA wie folgt definiert:

„BIM-Anwendungsfälle sind Prozesse unter Verwendung von einem oder mehreren BIM-Modellen zur Erreichung der gesetzten BIM-Ziele.“ (ARGE BIM4INFRA2020, S. 6)

Je nach Projekt kann die Spezifizierung von BIM-Zielen variieren. Als primäre BIM-Ziele sind allgemein folgende zu nennen, die bei erfolgreicher Umsetzung eine Kostensenkung im Gesamtprojekt implizieren:

- *„Erhöhung der Planungssicherheit, insbesondere in Form gesteigerter Termin- und Kostensicherheit*
- *Erhöhung der Transparenz (Nachverfolgung von Entscheidungen und Konsequenzen sowie von entstandenen Kosten)*
- *Minimierung von Risiken*
- *Verbesserung der Kommunikation und Schnittstellenkoordination*
- *Unterstützung der Öffentlichkeitsarbeit“*

(ARGE BIM4INFRA2020, S. 6)

Die genannten Punkte bilden neben individuell definierten und projektspezifischen Zielen sowie den Kundenanforderungen, den Grundstein zur Festlegung der BIM-Anwendungsfälle im Projekt. Zusätzliche Überlegungen sind dennoch erforderlich, um die erfolgreiche

Umsetzung der Anwendungsfälle zu ermöglichen. Das fachliche BIM-Wissen, Erfahrungen, Kapazitäten sowie das Einhalten bereits bestehender Prozessvorgänge sind wesentliche Aspekte, die vor Projektbeginn in Betracht gezogen werden müssen (ARGE BIM4INFRA2020).

Neben der Beschreibung in welcher Art und zu welchem Zweck die BIM-Methodik angewendet wird, geben die Anwendungsfälle den Beteiligten zusätzlich eine Projektübersicht. Des Weiteren bestimmen die Anwendungsfälle, Modelldaten und -inhalte für das Projekt, wodurch die Eingabe von obsoleten Modelldaten sowie ein Mehraufwand bei der Modellierung vermieden werden kann (Borrmann et al. 2015). Während der Durchführung der BIM-Pilotvorhaben wurden ebenfalls BIM-Anwendungsfälle definiert, wobei der Fokus auf Folgende beschränkt wurde:

- Visualisierung
- Modellierung und Kollisionsprüfungen
- Mengenermittlung
- Bauablauf
- Baufortschrittskontrolle sowie
- Bauabrechnung

(Borrmann et al. 2016)

Die Anwendungsfälle wurden, je nach Projekt in verschiedenen Leistungsphasen durchgeführt, weshalb ein direkter Vergleich nicht möglich war. Die Einführung einer BIM-Reifegradmetrik, soll dies zukünftig realisieren. Diese bewertet die Projekte mit Punkten in verschiedenen Kategorien, wie BIM-Abwicklungsplan, Technologie und Ausführung. Mit Hilfe dieser soll eine Vergleichbarkeit zwischen Projekten geschaffen werden, auch wenn deren Bearbeitung beispielsweise in einer anderen Leistungsphase stattfindet (Borrmann et al. 2016). Bei der Bearbeitung der Pilotprojekte stellte sich zudem heraus, dass eine einheitliche Festlegung von BIM-Anwendungsfällen für Projekte oder Leistungsphasen nicht vorhanden war, da diese, wie bereits erwähnt, von mehreren Faktoren abhängt. Daher wurden von der BIM4INFRA Anwendungsfälle definiert, um einen ersten einheitlichen Ausgangspunkt zu schaffen. Die folgende Tabelle 1 zeigt die aktuell erstellten Anwendungsfälle der ARGE BIM4INFRA (ARGE BIM4INFRA2020 2018b):

Nummer	Anwendungsfall	Leistungsphase									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	B
AwF 1	Bestandserfassung	X	X								
AwF 2	Planungsvariantenuntersuchung		X								
AwF 3	Visualisierungen		X	X	X	X			X		
AwF 4	Bemessung und Nachweisführung			X	X	X					
AwF 5	Koordination der Fachgewerke		X	X	X						
AwF 6	Fortschrittskontrolle der Planung					X					
AwF 7	Erstellung von Entwurfs- und Genehmigungsplänen		X	X	X						
AwF 8	Arbeits- und Gesundheitsschutz: Planung und Prüfung			X		X			X		
AwF 9	Kostenschätzung und -berechnung		X	X							
AwF 10	Planungsfreigabe		X	X	X	X					
AwF 11	Leistungsverzeichnis, Ausschreibung, Vergabe						X	X			
AwF 12	Terminplanung der Ausführung			X	X	X			X		
AwF 13	Logistikplanung					X			X		
AwF 14	Erstellung von Ausführungsplänen										
AwF 15	Baufortschrittskontrolle								X		
AwF 16	Änderungsmanagement								X		
AwF 17	Abrechnung von Bauleistung								X		
AwF 18	Mängelmanagement								X	X	
AwF 19	Bauwerksdokumentation									X	
AwF 20	Nutzung für Betrieb und Erhaltung										X

Einstieg Aufbruch Höchstleistung

Tabelle 1 Anwendungsfälle BIM4INFRA (ARGE BIM4INFRA2020 2018b)

Die abgebildeten Anwendungsfälle wurden den Leistungsphasen der HOAI sowie dem Betrieb (B) zugeordnet. Es ist zu beachten, dass die jeweiligen Fälle abhängig von der Leistungsphase unterschiedliche Ausprägungen besitzen können. Zusätzlich erfolgte durch die BIM4INFRA eine Nutzen-Aufwand-Analyse, nach dem die Anwendungsfälle in die drei Kategorien „Einstieg“, „Aufbruch“ und „Höchstleistung“ gegliedert wurden. (siehe Tabelle 1) Je höher der Nutzen gegenüber dem Aufwand bewertet wurde, desto höher der zugeordnete Wert. Für die anfängliche „Einstieg“-Phase wurden demnach die Anwendungsfälle mit dem höchsten Nutzen eingegliedert. Nach der ARGE wird ab dem Jahr 2020 die „Aufbruchsphase“ mit der Bearbeitung der dazugehörigen Anwendungsfällen empfohlen. (ARGE BIM4INFRA2020 2018b)

Auf Basis der abgebildeten Anwendungsfälle der BIM4INFRA hat die Firma OBERMEYER Planen und Beraten (opb) eigene, firmeninterne Anwendungsfälle erarbeitet:

Nummer	Anwendungsfall	Leistungsphase								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
AwF 1	3D-Bestandsmodellierung	X								
AwF 2	3D-Modellerstellung, geometrisches Modell		X	X	X	X	X	X	X	
AwF 3	Visualisierung		X	X	X	X			X	
AwF 4	3D-Variantenvergleich		X							
AwF 5	Modellprüfung									
AwF 5.1	3D-Kollisionsprüfung		X	X		X				
AwF 5.2	Automatisierte Prüfung Geometrie und Semantik		X	X	X	X	X			
AwF 5.3	Fachliche inhaltliche Qualitätssicherung im Modell, regelbasiert		X	X	X	X	X			
AwF 6	Planungskoordination, Koordination der Fachgewerke		X	X		X				
AwF 7	Erstellung von 2D-Dokumenten aus 3D-Modellen									
AwF 7.1	Erstellung von Raumbüchern aus 3D-Modell		X	X		X				
AwF 7.2	Erstellung eines Erläuterungsberichtes		X	X	X	X				
AwF 7.3	Erstellung von 2D-Plänen	X	X	X	X	X			X	
AwF 7.4	Dokumentation Planungsänderungen und Nachverfolgung	X	X	X	X	X	X	X	X	
AwF 8	Bemessung und Nachweisführung			X	X	X				
AwF 9	5D-Modellerstellung									
AwF 9.1	Mengen und Kostenermittlung		X	X		X	X			
AwF 9.2	5D-Modell Darstellung des Kostenverlaufs		X	X		X	X			
AwF 10	Teilautomatisierte LV-Erstellung						X			
AwF 11	4D-Modellerstellung		X	X	X	X	X		X	
AwF 12	Bauphasen und Logistikplanung			X		X	X		X	
AwF 13	Integration Freigabe Montage und Werkplanung					X			X	
AwF 14	Abnahme und Mängelmanagement								X	X
AwF 15	Baufortschrittskontrolle (SOLL-IST) anhand des 4D-Modells								X	
AwF 16	Stichtagsgenaue Earned-Value Betrachtung anhand des 5D-Modells								X	
AwF 17	Modellbasierte Bauabrechnung								X	
AwF 18	BIM-basierter Bauaufsichtsprozess nach VV BAU								X	
AwF 19	Bestandsdokumentation								X	
AwF 20	Erstellung eines 3D-Bestandmodells As-built								X	
AwF 21	Durchführung von BIM-basierten Instandhaltung- und Instandsetzungsmaßnahmen								X	
AwF 22	Erstellung eines BIM-Projektentwicklungsplans (BAP)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
AwF 23	BIM basierter Gesamtplanungsprozess inkl. Prüfung der digitalen Eingangsdaten und der vertraglich geschuldeten Lieferleistungen	X	X	X	X	X	X	X	X	X
AwF 24	Einheitliche Arbeits- und Informationsplattform	X	X	X	X	X	X	X	X	X
AwF 25	Standardisiertes Berichtswesen aus BIM	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabelle 2 Anwendungsfälle OBERMEYER

Die Gegenüberstellung der BIM4INFRA und der opb Anwendungsfälle zeigt in einigen Punkten Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede. Oberflächlich betrachtet, werden in jeder Festlegung die grundlegenden Anwendungsfälle aufgegriffen und je nach Ermessen verschieden gegliedert, spezifiziert und zugeordnet. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Anwendungsfälle mit gesehenem Nutzen ist im Anhang aufgeführt (siehe Anhang B)

Trotz der Anwendungsfälle sind die Leistungsphasen der HOAI in dieser Arbeit als maßgebende Größe zu betrachten. Die Kernaussage ist, dass die Nutzung von BIM nicht die

Leistungen in der Planung und Ausführung modifiziert, sondern lediglich die Methode zur Erfüllung der Leistungen geändert werden. (ARGE BIM4INFRA2020 2018b)

Eine weitere Bewertung der Anwendungsfälle wird am Ende dieses Kapitels im Zusammenhang mit den verschiedenen Detaillierungsalternativen erörtert.

4.4. Detaillierungsgrade

Ein digitales Bauwerksmodell setzt sich aus einer Anzahl von Modellelementen zusammen, die geometrische sowie alphanummerische Eigenschaften besitzen. Größe und Volumen eines Bauteils werden z.B. unter geometrischen Informationen zusammengefasst, wohingegen semantische Informationen, wie Name, Material oder Kosten unter alphanummerische Informationen fallen. Je nach Anforderung und Phase kann die Ausprägung der Detaillierungsgrade für geometrische und alphanummerische Informationen unterschiedlich ausfallen (Hausknecht und Liebich 2016).

Die folgenden Kapitel geben einen Überblick über die unterschiedlichen Möglichkeiten zur Definition und Zuordnung von Detaillierungsgraden.

4.4.1. HOAI – Leistungsphasen

Die verschiedenen Planungsphasen eines Bauwerks in Deutschland richten sich nach der Verordnung über die Honorare für Architekten- und Ingenieurleistungen, kurz HOAI. Des Weiteren werden innerhalb der Verordnung die Leistungsphasen von diversen Leistungsbildern definiert. Je nach Leistungsphase werden Maßstabsanforderungen für die Planbearbeitung festgelegt (Hausknecht und Liebich 2016).

Diese wurde bei konventionellen Planungen im Vorherein bestimmt, da die Planerstellung auf Basis der Leistungsphasen und somit abhängig von den Maßstabsvorgaben erstellt wurde. Mit BIM kann das dreidimensionale Modell geometrisch realitätsgetreu abgebildet werden. Die Generierung der 2D-Pläne kann anschließend unabhängig vom Maßstab des 3D-Modells in unterschiedlichen Maßstäben sowie Detaillierungen dargestellt werden (Hausknecht und Liebich 2016). Folgende Tabelle 3 zeigt die Zuordnung von Maßstäben zu den jeweiligen Leistungsphasen.

Leistungsphase	Maßstab
LP 1 - Grundlagenermittlung	-
LP 2 - Vorplanung	1:200 1:500
LP 3 - Entwurfsplanung	1:100 1:200
LP 4 - Genehmigungsplanung	1:100 1:200
LP 5 - Ausführungsplanung	1:50 1:20 - 1:1
LP 6 - Vorbereitung der Vergabe	-
LP 7 - Mitwirkung bei der Vergabe	-
LP 8 - Objektüberwachung - Bauüberwachung und Dokumentation	1:100-1:10
LP 9 - Objektbetreuung	
Betrieb (Facility Management - FM)	-

Tabelle 3 Leistungsphasen mit Maßstabsangabe (Hausknecht und Liebich 2016)

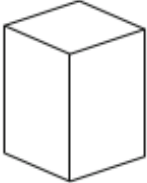
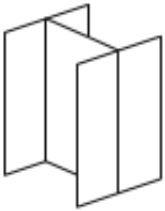
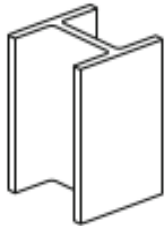
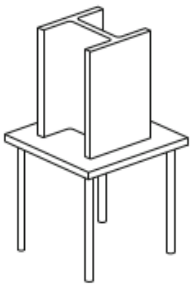
Bezogen auf dieser Zuordnung wird jedoch auch klar, dass sich die Maßstäbe nur auf die geometrische Ausprägung beziehen. Die Auflistung von Grundleistungen in den einzelnen Phasen kann mit einer Festlegung von Anwendungsfällen gleichgesetzt werden. Aufzuführen sind beispielhaft die Kostenschätzung und Terminplanung in der zweiten Leistungsphase sowie die Fortschreibung des Terminplans in den darauffolgenden Phasen (Bayerische Architektenkammer 2013a). Da die HOAI gegenwärtig noch keine BIM-Leistungen inkludiert, sind zum einen notwendige Leistungen wie „Visualisierung“ nicht gelistet oder in den „Besonderen Leistungen“ aufgeführt (Bayerische Architektenkammer 2013b). Explizite Angaben hinsichtlich der Semantik werden innerhalb der Leistungsphasen der HOAI nicht getroffen.

4.4.2. LOD – Level of Development – Level of Detail

Das Level of Development, in verschiedenen Literaturen auch als Fertigstellungs-, Ausarbeitungs- oder Reifegrad bezeichnet, beschreibt zum einen die benötigten Modellinhalte und zum anderen die Zuverlässigkeit der beinhalteten Informationen (Borrmann et al. 2015; Verein Deutscher Ingenieure e.V. 2018a).

Die Fertigstellungsgrade können hierbei analog zu den konventionellen Planungsmaßstäben gesehen werden. Der Maßstab 1:200 in frühen Phasen stellt lediglich grobe Geometrien dar, die mit wenigen Modellinhalten gefüllt sind. Wohingegen in späteren Planungsphasen Detailzeichnungen, realitätsgetreu mit der notwendigsten Informationstiefe abgebildet werden (Borrmann et al. 2015). Dabei ist zu beachten, dass die Fertigstellungsgrade immer in Abhängigkeit der jeweiligen Leistungsphase sowie dem Fachgewerk zu sehen sind. Einzelne Fachmodelle mit unterschiedlichen LODs in derselben Leistungsphase sind daher möglich. Es muss jedoch beachtet werden, dass die geforderten Modellinhalte sowie die beschriebenen Planungsleistungen der Leistungsphasen mit dem LOD erfüllt werden (Martin Egger, Kerstin Hausknecht, Thomas Liebich, Jakob Przybylo).

Eine einheitliche Definition des Akronyms LOD existiert bundesweit bisher nicht, weshalb sich Literaturen und Dokumente wie der „BIM-Leitfaden für Deutschland“ auf die internationale Definition des American Institute of Architectures (AIA) stützen (Martin Egger, Kerstin Hausknecht, Thomas Liebich, Jakob Przybylo). Der Begriff wurde 2008 vom AIA in dem Dokument „E202-2008 Building Information Modelling Protocol“ erstmals als Level of Development näher erläutert. Basierend auf dieser Definition und dem Ziel Rahmenbedingungen und Standardisierungen für LODs zu schaffen, spezifizierte das BIMforum die Level of Developments. Insgesamt wurden folgende sechs standardisierte LODs festgelegt (BIMForum 2018a):

Level of Development	Beschreibung	Abbildung
LOD 100	<p>Das Modellelement kann im Modell mit einem Symbol oder einer anderen generischen Darstellung grafisch dargestellt werden, erfüllt aber nicht Anforderungen der LOD 200. Informationen über das Modellelement (z.B. Kosten pro Quadratmeter, Nutzlasten für Heizung-, Lüftung- und Klimatechnik usw.) können von anderen Modellelementen abgeleitet werden.</p>	
LOD 200	<p>Das Modellelement wird innerhalb des Modells grafisch als generisches System, Objekt oder Baugruppe mit ungefähren Mengen, Größe, Form, Lage und Ausrichtung dargestellt. Nicht-grafische Informationen können auch an das Modellelement angehängt werden.</p>	
LOD 300	<p>Das Modellelement wird innerhalb des Modells als spezifisches System, Objekt oder Baugruppe in Bezug auf Menge, Größe, Form, Lage und Ausrichtung grafisch dargestellt. Nicht-grafische Informationen können auch an das Modellelement angehängt werden.</p>	
LOD 350	<p>Das Modellelement wird innerhalb des Modells grafisch als ein bestimmtes System, Objekt oder eine Baugruppe in Bezug auf Menge, Größe, Form, Lage, Ausrichtung und Schnittstellen zu anderen Gebäudesystemen dargestellt. Nicht-grafische Informationen können auch an das Modellelement angehängt werden.</p>	

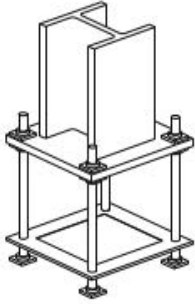
<p style="text-align: center;">LOD 400</p>	<p>Das Modellelement wird innerhalb des Modells grafisch als ein bestimmtes System, Objekt oder eine Baugruppe in Bezug auf Größe, Form, Lage, Menge und Ausrichtung mit Detail-, Fertigungs-, Montage- und Installationsinformationen dargestellt. Nicht-grafische Informationen können auch an das Modellelement angehängt werden.</p>	
<p style="text-align: center;">LOD 500</p>	<p>Das Modellelement ist eine vor Ort geprüfte Darstellung in Bezug auf Größe, Form, Lage, Menge und Ausrichtung. Nicht-grafische Informationen können auch an die Modellelemente angehängt werden.</p>	

Tabelle 4 LOD Tabelle (BIMForum 2018a) mit Beispielabbildungen einer Stahlstütze (Borrmann et al. 2018)

Tabelle 4 zeigt die verschiedenen LODs mit Beschreibungen zu geometrischen sowie semantischen Informationen, die in der jeweiligen Stufe erforderlich sind. Mit steigendem LOD nimmt die Detaillierung der Geometrie sowie der Bauteilinformation zu. Die niedrigere Stufe dient jeweils als Grundlage für die nächsten Stufe, auf deren Basis die Details zunehmend angereichert werden (Freie und Hansestadt Hamburg 2017b).

Wie die Überschrift des Kapitels zeigt, existieren für das Akronym LOD mehrere Bezeichnungen. Recherchen zu diesem Thema unterstrichen die Ambivalenz seiner Bedeutung. Des Öfteren wird im deutschsprachigem Raum LOD auch als Level of Detail, also Detaillierungsgrad bezeichnet. Damit soll ausgedrückt werden *wie viel* Information in dem Modell enthalten ist, wohingegen Level of Development den *Grad* bezeichnet, der die Zuverlässigkeit der Modellgenauigkeit sowie der Informationstiefe wiedergibt (BIMForum 2018a).

Zudem ist eine Unterteilung des LOD in zwei weitere Stufen möglich. Die geometrischen Informationen der Modellelemente werden mit Level of Geometry (LOG) ausgedrückt, wohingegen der Grad an alphanummerischen Informationen mit dem Level of Information (LOI) wiedergegeben wird. Eine Auswertung der verschiedenen Grade erfolgt in dem späteren Kapitel 4.4.5.

4.4.3. Level of Geometry und Level of Information

Wie bereits erwähnt, wird in den meisten Literaturen eine Differenzierung zwischen der geometrischen (LOG) und semantischen (LOI) Ausprägung vorgenommen. Das LOG bezieht sich auf die geometrische Ausprägung und Darstellung des Bauteils und kann mit den Planungsmaßstäben in den einzelnen Leistungsphasen verglichen werden. Diese Tatsache erleichtert und ermöglicht somit eine Zuordnung der LOG zu den einzelnen Leistungsphasen (Hausknecht und Liebich 2016).

Das Pendant dazu, der LOI, stellt den Informationsgehalt der einzelnen Bauteile dar. Dieser kann ebenfalls den Leistungsphase zugeordnet werden, jedoch wird in den Quellen (z.B. BIM Kompendium (Hausknecht und Liebich 2016)) erwähnt, dass Informationen werden, aber keine genaue Angabe darüber gemacht, welche Informationen geliefert werden müssen.


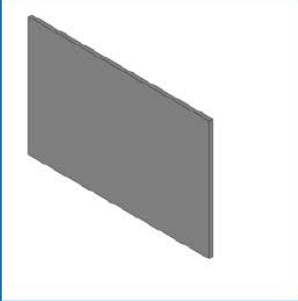
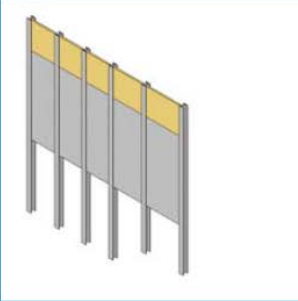
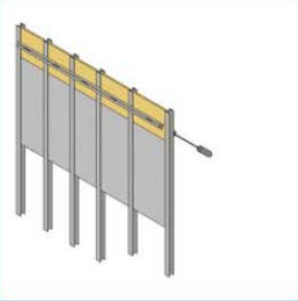
LoG 100	LoG 200	LoG 300	LoG 400
			
- lineare Darstellung	- wandartige Darstellung mit Dicke der Trägerbohlwand	- Träger - Bohlen als Wandelemente	- Trägerbohlwand mit Aussteifungen
LoI 100	LoI 200	LoI 300	LoI 400
- Länge } }	- Höhe } - Breite } }	- Materialien } - Stahlprofile } - Bohldicke } - Einbindetiefe } }	- Lage, Anzahl, Profile und Länge der Aussteifungen

Abbildung 17 Beispiel LOG und LOI einer Trägerbohlwand (Freie und Hansestadt Hamburg 2017)

Abbildung 17 zeigt beispielhaft die geometrische sowie semantische Klassifikation einer Trägerbohlwand. Eine Auswahl sowie die Menge der gewählten Attribute können je nach Anforderungen projekt- bzw. Anwendungsfallspezifisch gewählt werden (Freie und Hansestadt Hamburg 2017a).

4.4.4. Modelldetaillierungsgrad

Die ambivalente Bedeutung sowie der zunehmende Gebrauch des LOD-Begriffs im BIM-Bereich machen die Einführung eines eindeutigen Begriffs erforderlich. Deshalb wird bundesweit vermehrt, unter anderem auch im „BIM-Leitfaden für die Planerpraxis“ vom Modelldetaillierungsgrad (MDG) gesprochen (Verband Beratender Ingenieure VBI 2016). Dieser umfasst insgesamt zehn Grade und deckt neben den Leistungsphasen der HOAI auch die Phase des Betriebs (FM) ab. Die Anpassung an die Leistungsphasen der HOAI setzt voraus, dass der MDG die geforderten Planungsleistungen und -informationen enthält. Bauteilinformationen, die nicht in den Grundleistungen der Leistungsphasen definiert sind, sind eindeutig in den Auftraggeber-Informationen-Anforderungen (AIA) sowie dem BIM-Projektentwicklungsplan zu definieren. Bei der Modelldetaillierung ist nicht der MDG als maßgebend zu betrachten, sondern die Leistungsphase, in der sich das Projekt befindet. Generell bedeutet dies, dass MDG in Abhängigkeit der Leistungsphase definiert werden. Die Nummerierung der Modelldetaillierungsgrade erfolgt in zwei Stufen. Die erste Ziffer (z.B. 100, 200, ...) beschreibt den Fortschritt der Modellgeometrie, wohingegen die zweite Stufe (z.B. 210, 310, ...) die Informationstiefe der Modellelemente wiedergibt, die zur Erfüllung der Grundleistung in der Leistungsphase erforderlich sind (Verband Beratender Ingenieure VBI 2016).

LPh 1	MDG 010
<p>Detaillierungstiefe: kein Koordinationsmodell, DGM, Baugrund</p> <p>Ergebnisse der Prüfung der Bedarfsplanung des AG können ggf. als Datenbank erstellt werden; ggf. Übernahme oder Erstellung eines Bestandsmodells sowie Sparten oder Gelände- und Bestandsvermessungen</p>	
LPh 2	MDG 100
<p>Koordinierungsmodell mit wesentlichen groben Bauwerksparametern (z.B. Flächen, Längen, Höhen, Breiten, Lage, Ortsbezug, Achsen)</p> <p>Ausarbeitung des Lösungskonzeptes für das Linienbauwerk einschließlich Ingenieurbauwerke in bis zu drei Varianten in Lage und Höhe; Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen; Variantenvergleich; Die Bearbeitung erfolgt im Regelfall auf Basis georeferenzierter Daten.</p>	

LPh 3	MDG 200
<p>Koordinierungsmodell mit allen wesentlichen Bauteilen verschiedenen 3D-Fachmodellen z.B. Objektplanung Ingenieurbauwerke, Objektplanung Verkehrsanlagen, Tragwerksplanung, Freiraumplanung, Technische Ausrüstung, Bestandserfassung (z.B. mittels Laserscan) sowie Baugrundmodell und Grundwassermodell. Die 3D-Modelle sind mit den erforderlichen nicht-grafischen Informationen (Attributen), wie z.B. Materialangaben, zu erweitern, um eine vorschriftenkonforme Mengenermittlung zu ermöglichen. Die Entwurfsplanung ist die endgültige Lösung der Planungsaufgabe.</p>	
LPh 4	MDG 210
<p>Detailierungstiefe: Es wird kein gesondertes geometrisch verfeinertes Modell für die Genehmigungsplanung erstellt. Die Informationstiefe wird für die Genehmigung, soweit erforderlich, erweitert (z.B. Kataster, Eingriffsgrenzen, Grunderwerbsverzeichnis, Umwelt- und Naturbelange) Genehmigungspläne sind aus dem Modell MDG 200 generierbar, erforderliche 2D-Pläne sind aus dem Modell abzuleiten.</p>	
LPh 5	MDG 300
<p>Das Koordinierungsmodell bestehend aus einzelnen Fachmodellen. Die Modellelemente werden präzise, spezifisch und ausführungsfähig als Bauteile bzw. Bauteilgruppen modelliert, mit präzisen Angaben über Abmessungen, wesentliche Form, Lage und Ortsbezug sowie Menge. Der geometrische Informationsgehalt der Modelle kann durch Detailzeichnungen (z.B. Böschungssicherung, Geländer oder Bordsteindetails) und Detailinformationen ergänzt werden. Weitere nicht-grafische Informationen (z.B. Absteck- und Schachtlisten, Schacht-/Haltungenlisten) sind den einzelnen Modellelementen angehängt.</p>	
LPh 6	MDG 310
<p>Detailierungstiefe: Es gibt keine weitere geometrische Detaillierung der Modelle. Es werden Mengen und nicht-grafische Informationen aus dem Modell für Leistungsverzeichnisse (Listen/ Datenbanken) generiert.</p>	
LPh 7	MDG 320
<p>Detailierungstiefe: Es gibt keine weitere geometrische Detaillierung der Modelle. Es werden Ausschreibungsergebnisse zu Leistungstexten gesammelt und aufbereitet.</p>	

LPh 8	MDG 400
<p>Detailierungstiefe: Es gibt keine weitere geometrische Detailierung der Modelle.</p> <p>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 Detail-Informationen z. B. Produktbezeichnung. 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. Es werden Mengen und Kosten verglichen. Das Koordinierungsmodell dient der Objektdokumentation und als Ausgangsmodell für das Bestandsmodell. Es besteht die Möglichkeit die Baufortschrittkontrolle über vermessungstechnische Verfahren (Drohnenbefliegung, Laserscanning-Methoden) zu unterstützen.</p>	
LPh 8	MDG 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 Ortsbezügen sowie mit weiteren Detailinformationen. Die Modellelemente können ebenfalls weitere nicht geometrische Informationen über Eigenschaften der Elemente enthalten, wie z. B. Wartungsintervalle, wiederkehrende Prüfungen, Betriebsmittel. Die verschiedenen Gewerke bezogenen Fachmodelle und Datenbanken sind während des Bauprozesses, i.d.R. durch die ausführenden Baufirmen, zu erstellen bzw. anzupassen.</p>	
LPh 9	MDG 510
<p>Basierend auf dem Modell MDG 500 (as built); Informationen zur Mangelverfolgung werden eingepflegt.</p>	
FM	MDG 600
<p>Basierend auf dem Modell MDG 500 (as built) können nicht-grafische Informationen hinzugefügt werden, um den Betrieb, Prüfung und Instandhaltung 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.</p>	

Tabelle 5 Modelldetailierungsgrade mit Beschreibung und Zuordnung zu den jeweiligen Leistungsphasen angepasst an den Infrastrukturbereich (geändert) (Verband Beratender Ingenieure VBI 2016)

Tabelle 5 ist eine von OBERMEYER um den Infrastrukturbereich ergänzte Tabelle zu der Beschreibung der MDG des VBI BIM-Leitfadens. Gezeigt sind die einzelnen Detaillierungsgrade jeweils an die Leistungsphasen angepasst. Jeder Grad beinhaltet dabei die Geometrie sowie die Informationen des vorangegangenen Levels und wird darauf basierend mit weiteren Details angereichert. Generell dient die niedrigere der nachfolgenden Stufe als Basis, weshalb die Detailtiefe mit zunehmenden Projektprozess zunimmt (Freie und Hansestadt Hamburg 2017a).

Angesichts der bereits genannten Tatsache, dass der Begriff LOD des Öfteren Verwirrung auslöst, wird der Begriff LOD im Weiteren durch das Akronym MDG ersetzt. Daraus ergibt sich demzufolge die Zusammensetzung:

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

(Modelldetaillierungsgrad = Level of Geometry + Level of Information)

(Freie und Hansestadt Hamburg 2017b)

4.4.5. Bewertung und Vergleich der verschiedenen Detaillierungsgrade

Als Abschluss dieses Hauptkapitels werden die einzelnen Detaillierungsgrade miteinander verglichen. Wie bereits erwähnt, existiert bundesweit keine einheitlichen Bezeichnungen für die Fertigstellungsgrade, auch genannt Level of Development. Unabhängig von der Ambivalenz des Akronyms sind diese den Leistungsphasen der HOAI nicht angepasst. Die genannten Tatsachen erschweren eine einheitliche Implementierung der BIM-Methode, zumal der Aspekt der geometrischen sowie semantischen Modelldetaillierung eine essenzielle Rolle spielen.

	Leistungsphase	LP 1	LP 2	LP 3	LP 4	LP 5	LP 6	LP 7	LP 8	LP 9	FM	
	Level of Development		LOD 100	LOD 200		LOD 300			LOD 400	LOD 500		
Anwendungsfall	Modelldetailierungsgrad	MDG 010	MDG 100	MDG 200	MDG 210	MDG 300	MDG 310	MDG 320	MDG 400	MDG 500	MDG 510	MDG 600
AwF 1	3D-Bestandsmodellierung	X										
AwF 2	3D-Modellerstellung, geometrisches Modell		X	X	X	X	X	X	X	X		
AwF 3	Visualisierung		X	X	X	X			X	X		
AwF 4	3D-Variantenvergleich		X									
AwF 5	Modellprüfung											
AwF 5.1	3D-Kollisionsprüfung		X	X		X						
AwF 5.2	Automatisierte Prüfung Geometrie und Semantik		X	X	X	X	X					
AwF 5.3	Fachliche inhaltliche Qualitätssicherung im Modell, regelbasiert		X	X	X	X	X					
AwF 6	Planungskoordination, Koordination der Fachgewerke		X	X		X						
AwF 7	Erstellung von 2D-Dokumenten aus 3D-Modellen											
AwF 7.1	Erstellung von Raumbüchern aus 3D-Modell		X	X		X						
AwF 7.2	Erstellung eines Erläuterungsberichtes		X	X	X	X						
AwF 7.3	Erstellung von 2D-Plänen	X	X	X	X	X			X	X		
AwF 7.4	Dokumentation Planungsänderungen und Nachverfolgung	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
AwF 8	Bemessung und Nachweisführung			X	X	X						
AwF 9	5D-Modellerstellung											
AwF 9.1	Mengen und Kostenermittlung		X	X		X	X					
AwF 9.2	5D-Modell Darstellung des Kostenverlaufs		X	X		X	X					
AwF 10	Teilautomatisierte LV-Erstellung						X					
AwF 11	4D-Modellerstellung		X	X	X	X	X		X	X		
AwF 12	Bauphasen und Logistikplanung			X		X	X		X	X		
AwF 13	Integration Freigabe Montage und Werkplanung					X			X	X		
AwF 14	Abnahme und Mängelmanagement								X	X	X	
AwF 15	Baufortschrittskontrolle (SOLL-IST) anhand des 4D-Modells								X	X		
AwF 16	Stichtagsgenaue Earned-Value Betrachtung anhand des 5D-Modells								X	X		
AwF 17	Modellbasierte Bauabrechnung								X	X		
AwF 18	BIM-basierter Bauaufsichtsprozess nach VV BAU								X	X		
AwF 19	Bestandsdokumentation								X	X		
AwF 20	Erstellung eines 3D-Bestandsmodells As-built								X	X		
AwF 21	Durchführung von BIM-basierten Instandhaltung- und Instandsetzungsmaßnahmen								X	X		
AwF 22	Erstellung eines BIM-Projektentwicklungsplans (BAP)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
AwF 23	BIM basierter Gesamtplanungsprozess inkl. Prüfung der digitalen Eingangsdaten und der vertraglich geschuldeten Lieferleistungen	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
AwF 24	Einheitliche Arbeits- und Informationsplattform	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
AwF 25	Standardisiertes Berichtswesen aus BIM	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Tabelle 6 Zusammenhänge der einzelnen Detaillierungsoptionen- eigene Darstellung auf Basis von opb Anwendungsfällen (ARGE BIM4INFRA2020; Verband Beratender Ingenieure VBI 2016)

Die Betrachtung der Tabelle 6 zeigt neben den jeweiligen Zusammenhängen zueinander auch diverse Ausgangspunkte zur Gestaltung eines Detaillierungskonzeptes. Um einen Überblick über die verschiedenen Ansätze zu bekommen werden diese folgend erläutert und hinsichtlich ihrer Vorzüge sowie Schwächen bewertet.

Option	Bezeichnung der Modellinhalte mit LOD
Vorteile	- Einheitliche, internationale Definition von Fertigstellungsgraden des BIMForums
Nachteile	- Es werden nicht alle Leistungsphasen des deutschen Bauwesens abgedeckt - Ambivalenz des Akronyms erschwert einheitliches Verständnis – Level of Development – Level of Detail

Tabelle 7 Vor- und Nachteile Zuordnung nach LOD

Option	Bezeichnung der Modellinhalte mit MDG
Vorteile	- Zu jeder Leistungsphase der HOAI gibt es eine MDG-Zuordnung - Eindeutige Beschreibung des Modelldetaillierungsgrad sowie eindeutige Zuordnung
Nachteile	- Nur anwendbar im deutschsprachigen Raum

Tabelle 8 Vor- und Nachteile Zuordnung nach MDG

Option	Festlegung von Modellinhalten in Abhängigkeit von Anwendungsfällen
Vorteile	- Modellinhalte sind genau auf die Anwendungsfälle abgestimmt
Nachteile	- Anwendungsfälle werden derweilen entweder firmenintern oder projektspezifisch definiert (bis dato AwF der BIM4INFRA) - Die einzelne Bearbeitung von Anwendungsfällen erschwert die Abrechnung der erbrachten Leistungen nach HOAI

Tabelle 9 Vor- und Nachteile Zuordnung nach Anwendungsfällen

Option	Festlegung von Modellinhalten in Abhängigkeit von Leistungsphasen
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> - Abrechnung von Projekten erfolgt ohnehin nach Leistungsphasen der HOAI - Es muss keine neue „Bezugsgröße“ eingeführt werden, sondern lediglich mit Hilfe von Beschreibungen erweitert werden
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> - Kein internationaler Standard

Tabelle 10 Vor- und Nachteile LOD Zuordnung nach Leistungsphasen

Die Auflistung der einzelnen Optionen zeigt diverse Gemeinsamkeiten aber auch Unterschiede auf. Das LOD gibt sowohl den geometrischen als auch alphanummerischen Grad der Modellinhalte wieder. Die Aufteilung zwischen LOG und LOI ermöglicht eine strikte Trennung zwischen Geometrie und Semantik. Je nach Leistungsphase oder Anwendungsfall kann sich der geometrische Detaillierungsgrad vom alphanummerischen Grad unterscheiden, weshalb eine separate Darstellung der beiden Anteile durchaus von Vorteil ist. Neben seiner ambivalenten Bedeutung, der Definition und Weiterentwicklung der LODs durch amerikanische Institutionen sowie der Versuch die den Leistungsphasen der HOAI zuzuordnen zeigt, dass diese Option nicht auf das deutsche Bauwesen angepasst ist. Zu den vorhandenen Stufen (LOD 100 – LOD 500) gibt es weder einheitliche Festlegungen oder Zuordnungen, noch kann damit jede Leistungsphase abgedeckt werden. Diese Aspekte zeigen, dass zukünftige Standards sowie einheitliche Bezeichnungen abgestimmt werden müssen, um eine einheitliche Nutzung von LOD zu gewährleisten.

Wie bei den LOD existiert auch bei den MDG eine Aufteilung zwischen geometrischer und semantischer Information. Der Unterschied liegt in der angepassten Zuordnung der MDG zu jeder Leistungsphase der HOAI. Dieser Aspekt und die eindeutige Bezeichnung der MDG, erleichtern zum einen das Verständnis für die Einteilung der MDG zu den Leistungsphasen und zum anderen kann die Zuordnung zu jeder Leistungsphase als erster Grundstein zu einer einheitlichen Bezeichnung gesehen werden,

Eine Option wäre die Festlegung von Modellinhalten in Abhängigkeit von Anwendungsfällen. Erfolgt die Projektabwicklung nach dieser Methodik sind die Modellinhalte genau auf die Anwendungsfälle abgestimmt, womit folgend einhergeht, dass das Modell nur Daten beinhaltet, die für die jeweiligen Anwendungsfälle auch benötigt werden. Zwar werden derzeit noch nicht einheitliche Anwendungsfälle verwendet, jedoch bilden die Empfehlungen von Anwendungsfällen der BIM4INFRA in dieser Hinsicht einen ersten Grundstein dazu. Trotzdem muss hier unterstrichen werden, dass Unternehmen meist individuelle Schwerpunkte haben,

weshalb verschiedenen Anwendungsfällen entweder ein vergleichbar hoher oder ein niedriger Stellenwert zugeordnet wird. Dies wurde bei der Ausarbeitung der firmeninternen opb Anwendungsfälle deutlich wird, die beispielsweise eine Verfeinerung der Anwendungsfälle vornahmen (z.B. anstatt „Erstellung von Entwurfs- und Genehmigungsplänen bei BIM4INFRA „Erstellung von 2D-Dokumenten aus 3D-Modellen“ mit weiterer Verfeinerung bei opb).

Eine Alternative dazu ist die Definition von Modellinhalten bestimmt durch die Leistungsphasen der HOAI, die ohnehin eine Basis für das deutsche Bauwesen bilden. Die Abwicklung von Projekten nach Leistungen und Leistungsphase erspart die Festlegung einer neuen maßgebenden Größe. Dabei ist zu erwähnen, dass die Belegung der Modelle mit Inhalten, die einer Leistungsphase zugeordnet sind, zunächst eine Zuordnung von unnötigen Informationen suggeriert. Dem entgegenzuhalten ist die Tatsache, dass die mit den Leistungsphasen einhergehenden Informationen, zum einen auf die darin zu erbrachten Leistungen, wie Kostenschätzung, angepasst sind und zum anderen darauf abzielen, mit den beinhalteten Modellinformationen, die geforderten Leistungen vertragsgerecht zu bedienen.

Nachteilig zu anführen ist das diese Methode lediglich in Deutschland Fuß fassen könnte, da international andere Vorgaben und Richtlinien zur Abrechnung von Leistungen gelten. Die Beschreibung einer geometrischen Ausprägung der Modelle, basierend auf den Leistungsphasen, geben die damit in Verbindung gebrachten Maßstäbe wieder (siehe Tabelle 3). Eine semantische Detaillierung kann separat in einem Dokument (z.B. AIA und/oder BAP) festgehalten und definiert werden.

Laut Empfehlungen der BIM4INFRA wäre es sinnvoll die Detaillierungsgrade nach Anwendungsfällen zu richten, wobei eine Zuordnung der Detaillierungsgrade an die Leistungsphasen ebenfalls möglich wären. Wichtig bei der Zuordnung ist ein standardisiertes Vorgehen, das durch Richtlinien festgelegt und vorgeschrieben wird (ARGE BIM4INFRA2020 2018b).

5. Entwicklung des Detaillierungskonzept für BIM-basierte Massivbrücken

Die Ausarbeitung der vorherigen Kapitel dient im Folgenden als Ausgangslage für den Aufbau sowie die Entwicklung des Detaillierungskonzeptes. Anders als in vorhandenen Arbeiten wird im Rahmen dieser Arbeit die Massivbrücke als ein Objekt oder Gesamtbauwerk betrachtet. Die Unterteilung des Bauwerks in einzelne Bauteile erfolgt weiterhin, jedoch werden nicht nur ausgewählte Bauteile, sondern das Brückenbauwerk als Gesamtobjekt in Betracht gezogen.

5.1. Status Quo Brückenkonzept

Bei der Erstellung des Konzeptes gibt es, zum einen durch die Existenz von diversen Richtlinien sowie Leitfäden und zum anderen den Mangel an Standards, einige Ansätze, die verfolgt werden können. Das folgende Kapitel zeigt zwei Vorhaben auf und soll anhand derer die Schwierigkeit aufzeigen, ein einheitliches Konzept zu erarbeiten, das den Anforderungen aller entspricht.

Ein Detaillierungskonzept, welches beispielsweise zum Vergleich herangezogen wurde, ist der „Bauteilkatalog Brücken“ Stadt Hamburg. Das Konzept orientiert sich an der ASB-ING 2013 und unterscheidet gleichermaßen zwischen allgemeinen, bauteilbezogenen Informationen sowie Informationen bezogen auf eine spezifische Eigenschaft des Bauteils, beispielsweise dem Material. Darüber hinaus werden ebenfalls die Nummerierung sowie die Reihenfolge der Bauteile übernommen. Angegeben sind alle relevanten Bauteile für eine Brückenplanung mit der Zuordnung zu den einzelnen LOIs 100- 500 (Freie und Hansestadt Hamburg 2017a) (siehe Abbildung 18- Abbildung 20).

Lol (Level of Information)						
Attribut	IFC (PropertySet)	100	200	300	400	500
Gesamtlänge	ASB-Ing_2013	X	X	X	X	X
Breite	ASB-Ing_2013	X	X	X	X	X
Gesamtbreite	ASB-Ing_2013	X	X	X	X	X
Brueckenflaeche	ASB-Ing_2013	X	X	X	X	X
Abstand zwischen den Ueberbauten der Teilbauwerke	ASB-Ing_2013	X	X	X	X	X
Konstruktionshoehe	ASB-Ing_2013	X	X	X	X	X
Konstruktionshoehe min.	ASB-Ing_2013	O	O	O	O	X
Konstruktionshoehe max.	ASB-Ing_2013	O	O	O	O	X
Anzahl Felder	ASB-Ing_2013	O	O	O	O	X
Anzahl Ueberbauten	ASB-Ing_2013	O	O	O	O	X
Anzahl Stege	ASB-Ing_2013	O	O	O	O	X
Laengeneigung max.	ASB-Ing_2013	O	O	O	O	X
Querneigung max.	ASB-Ing_2013	O	O	O	O	X
Kruemmung	ASB-Ing_2013	O	O	O	O	X
Bauwerkswinkel	ASB-Ing_2013	O	O	O	O	X

Abbildung 18 Bauteilkatalog FHH - übergeordnete Projektinformationen

B.20 Gruendung

Konstruktionsteile: Flachgruendung, Pfahlgruendung, Spundwandgruendung, etc.

Lol (Level of Information)						
Attribut	IFC (PropertySet)	100	200	300	400	500
Bauteil	ASB-Ing_2013	X	X	X	X	X
Art	ASB-Ing_2013	X	X	X	X	X
Typenbezeichnung	ASB-Ing_2013	O	O	O	X	X
Einbauort	ASB-Ing_2013	X	X	X	X	X
Einbaujahr	ASB-Ing_2013	O	O	O	O	X
Bemerkungen	ASB-Ing_2013	X	X	X	X	X
Status	Sonstige_Attribute	X	X	X	X	X
Bauphase	Sonstige_Attribute	O	X	X	X	X
Hyperlink_001	Hyperlinks	X	X	X	X	X
Hyperlink_001_Bemerkung	Hyperlinks	X	X	X	X	X
Bauteilgruppe	Sonstige_Attribute	X	X	X	X	X

Abbildung 19 Bauteilkatalog FHH - Bauteilinformationen

LoI (Level of Information)							
Attribut	IFC (PropertySet)	100	200	300	400	500	
Beton	Baustoff	ASB-Ing_2013	X	X	X	X	X
	Festigkeitsklasse des Betons	ASB-Ing_2013	O	X	X	X	X
	Expositionsklasse nach DIN EN 206-1	ASB-Ing_2013	O	X	X	X	X
	Anforderungsklasse nach DIN FB 102	ASB-Ing_2013	O	X	X	X	X
	Großtkorn der Betonzuschlaege	ASB-Ing_2013	O	O	O	X	X
	Konsistenz	ASB-Ing_2013	O	O	O	X	X
	Zement	ASB-Ing_2013	O	O	O	X	X
	Zementgehalt	ASB-Ing_2013	O	O	O	X	X
	Betonzuschlag	ASB-Ing_2013	O	O	O	X	X
	Betonzusatz	ASB-Ing_2013	O	O	O	X	X
	Oberflaeche des Betons	ASB-Ing_2013	O	X	X	X	X
	Fertigteile	ASB-Ing_2013	O	X	X	X	X
	Hersteller/Lieferfirma	ASB-Ing_2013	O	O	O	X	X
	Bemerkungen	ASB-Ing_2013	X	X	X	X	X

Abbildung 20 Bauteilkatalog FHH - zuzügliche Informationen bezogen auf spezifische Eigenschaft eines Bauteils (z.B. Material)

Markiert werden dementsprechend nur die Attribute, die für die jeweiligen Detaillierungsgrade von Bedeutung sind. Neben der tabellarischen Zuordnung erfolgt die Bestimmung der LOG und LOI nach Anwendungsfällen (Freie und Hansestadt Hamburg 2017b). Übergeordnet sind die LOG, ähnlich wie beim VBI-Leitfaden, den einzelnen Leistungsphasen zugeordnet, mit der Ausnahme, dass der Genehmigungsplanung ein separater LOG zugeteilt wird (Freie und Hansestadt Hamburg 2017a).

Ein weiteres Konzept, das die Detaillierung von Brückenbauwerken aufgreift, ist die Masterarbeit von Franziska Mini „Entwicklung eines LoD Konzept für digitale Bauwerksmodelle von Brücken und dessen Implementierung“ (Mini 2016). Zur präziseren Darstellung wurde ebenfalls zwischen Level of Geometry und Level of Informationen unterschieden. Der Grad der Detaillierung erfolgt nach Festlegung der Literatur „BIM-Kompodium“ (Hausknecht und Liebich 2016). Mit Hilfe von ausgewählten Brückenbauteilen werden für die einzelnen LoD die geometrischen Ausprägungen dargestellt, wohingegen die Semantik durch die Zuordnung zu einzelnen BIM-Anwendungsfällen definiert wurde (Mini 2016).

Das in dem kommenden Kapitel erläuterte Detaillierungskonzept ist in Kooperation mit der Firma OBERMEYER Planen und Beraten erstellt worden. Neben der langjährigen Erfahrung im Hoch – und Ingenieurbau als Gesamtplaner, sind diese zudem Gründungsmitglied des

buildingSMART e.V. sowie Teil der ARGE BIM4INFRA, die sich mit der Entwicklung von BIM-Standards befasst (OBERMEYER Planen und Beraten 2018).

Im Rahmen der Zusammenarbeit mit OBERMEYER und deren Kernkompetenz im Planungsbereich, erfolgt die Strukturierung nach den Leistungsphasen der HOAI, speziell der Planungsphasen (Vorplanung, Entwurfsplanung sowie Ausführungsplanung). Gemeinsam mit Brückenfachplanern der Firma wurde die Objekt- und Attributenliste erarbeitet und zusammengestellt. Mangel eines Standards im Brückenbereich, ist das Konzept lediglich ein Vorschlag zur Detaillierung. Die zusammengetragenen Inhalte sollen den geforderten Mindestanforderungen entsprechen und können je nach Bedarf ersetzt, verändert oder entfernt werden sowie projektspezifisch nach eigenem Ermessen anderen Leistungsphasen zugeordnet werden.

5.2. Objekt – und Attributenliste

Die Erstellung und Sortierung der Brückenelemente und Attribute wird in diesem Kapitel näher erläutert. Die Erstellung der Objekt- und Attributenliste ist ausgehend von verschiedenen Datenquellen erfolgt. Der Informationsgehalt einer Ausführungsplanung und das damit einhergehende Leistungsverzeichnis sowie die zusätzliche Betrachtung der ASB-ING und RAB-ING wurden bei der Erstellung, mit Hilfe von Fachplanern, berücksichtigt. Nach dem Zusammentragen der benötigten Daten wurde die erarbeitete Liste jeweils für die Planungsphasen zwei und drei minimiert. Die Strukturierung der Bauteilgruppen zog ebenfalls den Aufbau des IFC-Bridge Formats in Betracht, orientiert sich bei der Sortierung jedoch grob an der Unterteilung der ASB-ING. In Zusammenarbeit mit den Fachplanern wurde die Anordnung gegliedert und gestaltet sich wie folgt:

- Brückenbauwerk
- Überbau
- Unterbau
- Gründung
- Ausstattung
- Entwässerung
- Abdichtung/Fugen
- Erdbau
- Verbau

- Böschungssicherung
- Baubehelf
- Sonstiges

Insgesamt lassen sich die erarbeiteten Bauteile in drei Stufen gliedern. Die erste Stufe „Kategorie“ beschreibt als übergeordneten Begriff das Bauwerk, hier wäre beispielhaft die Brücke gemeint. Neben der Kategorie Brücke wären hier ebenfalls Lärmschutzwände oder Tunnelbauwerke aufzulisten. Die oben genannte Aufteilung der Bauwerkelemente wird mit dem Begriff „Bauteilgruppe“ zusammengefasst. Die einzelnen Bauteilgruppen bestehen wiederum aus Bauteiltypen, welche die dritte und letzte Stufe der Unterteilung bilden (siehe Abbildung 21).

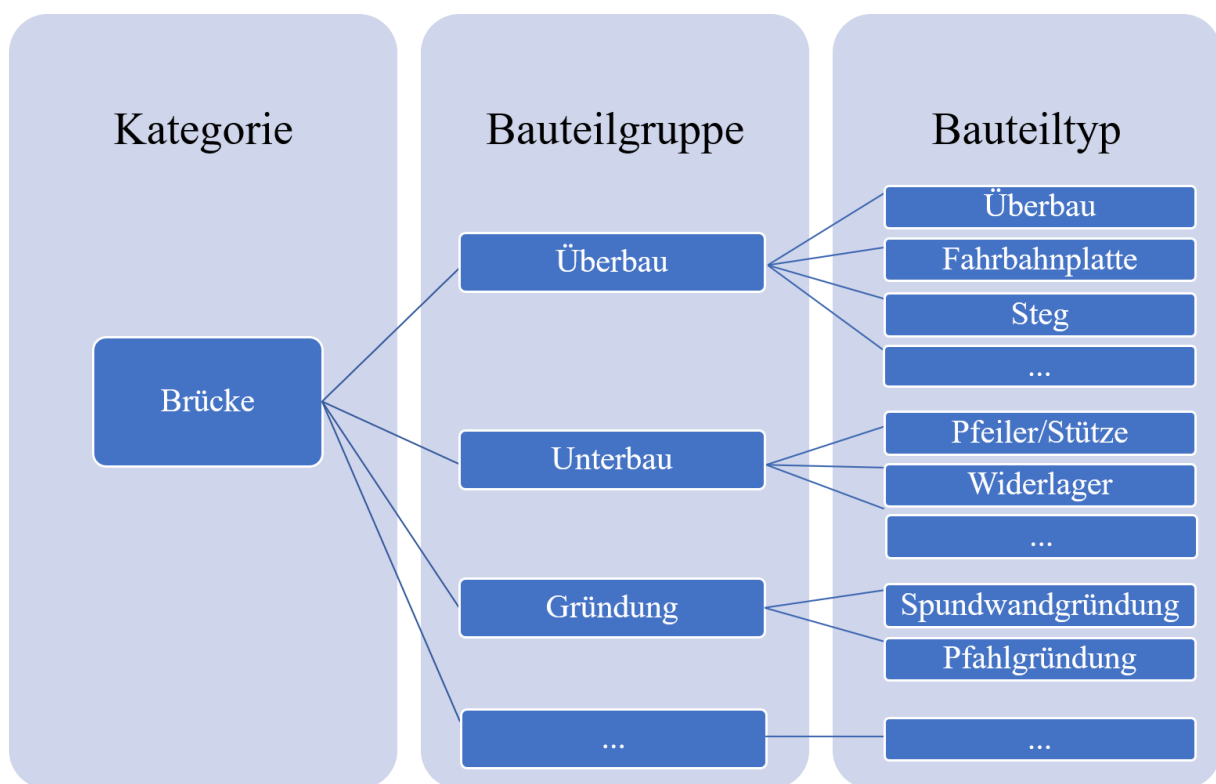


Abbildung 21 Aufbau Bauteilelemente Objekt- und Attributenliste-eigene Darstellung

Mit fortschreitender Leistungsphase nehmen die Detaillierungen sowohl bei der Unterteilung von Bauteilen als auch bei der Menge an Attributen zu. Die Informationen der vorherigen Planungsphase bilden die Grundlage für die darauffolgende was wiederum bedeutet, dass die Informationsmenge nicht stagniert, sondern zunimmt (siehe Abbildung 22).

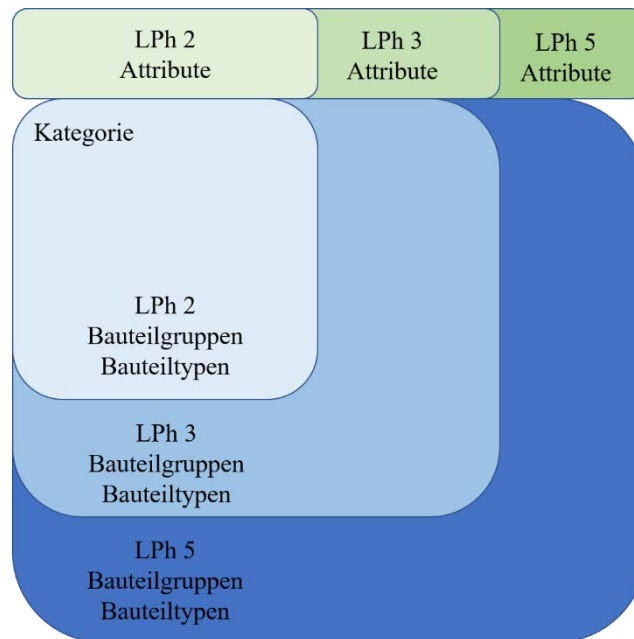
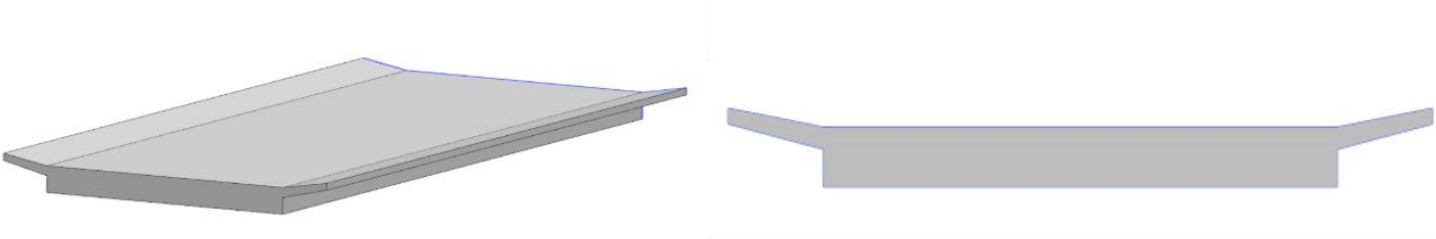


Abbildung 22 Aufbau Objekt- und Attributenliste – eigene Darstellung

5.3. Geometrische Detaillierung

Die geometrische Ausprägung der Bauteile richtet sich nach dem MDG. Diese ändern sich, wie bereits in Kapitel 4.4.4 beschrieben, ausschließlich bei den Graden mit 100er Schrittweite, weshalb folgend ausschließlich diese aufgezeigt werden. Der MDG 600 für den Betrieb wird in dieser Arbeit nicht dargestellt, ebenso der MDG 400 bzw. 500, die laut Tabelle keine weiteren geometrischen Detaillierungen vorsehen bzw. der Darstellung eines as-built Modells in der realisierten Fassung entsprechen. Die geometrische Detaillierung erfolgt einstimmend wie der in Minis Masterarbeit und wird daher nur beispielhaft für einige Brückenbauteile dargestellt:

- Überbau – Regelquerschnitt
- Unterbau
 - Pfeiler/Stütze
 - Widerlager
- Ausstattung
 - Lager
 - Kappe
 - Geländer

Überbau- Regelquerschnitt	MDG 100
Beschreibung	Wesentliche grobe Bauwerksparameter des Regelquerschnitts: <ul style="list-style-type: none">• Ungefähre Form des Plattenbalkens• Länge, Breite, Höhe des Plattenbalken• Länge des Kragarms
Geometrische Darstellung	 <p>Abbildung 23 LOG 100 Geometrische Darstellung des Regelquerschnitts</p>

	<p>MDG 200</p>
<p>Beschreibung</p>	<p>Der Regelquerschnitt wird als allgemeingütiges Bauteil erstellt</p> <ul style="list-style-type: none"> - Genaue Abmessungen vom Plattenbalken - Abdichtung und Fahrbahnbelag - Darstellung des Tiefpunkts
<p>Geometrische Darstellung</p>	<p>Abbildung 24 Plattenbalken Regelquerschnitt aus Musterplan der Entwurfsplanung (siehe Anhang)</p> <p>Abbildung 25 LOG 200 Geometrische Darstellung des Regelquerschnitts (links-Schnittansicht)</p>

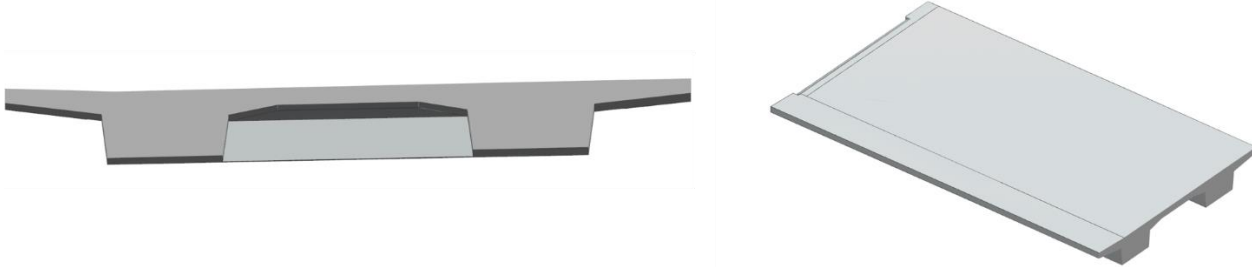
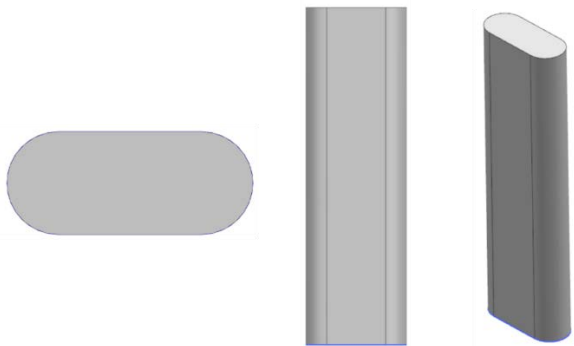
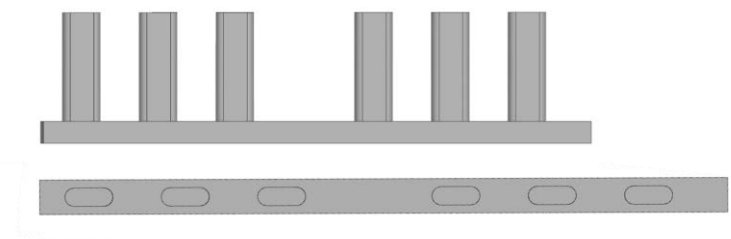
	MDG 300
Beschreibung	Der Überbau/Regelquerschnitt wird präzise, spezifisch und ausführungsfähig als Bauteil modelliert, mit präzisen Angaben über Abmessungen, wesentliche Form, Lage und Ortsbezug sowie Menge. Der geometrische Informationsgehalt des Überbaus/Regelquerschnitts basiert auf dem LOG 200 und ist durch Detailzeichnungen zu ergänzen.
Geometrische Darstellung	 <p>Abbildung 26 LOG 300 Geometrische Darstellung des Regelquerschnitts basierend auf LOG 200</p>
	MDG 400
Beschreibung	400: Es gibt keine weitere Detaillierung des Überbaus/Regelquerschnitts. 500: Verifizierte Darstellung des tatsächlich vorhandenen Regelquerschnittes als As-built Modell.

Tabelle 11 LOG-Definitionen Überbau-Regelquerschnitt

Unterbau – Pfeiler/Stütze	MDG 100
Beschreibung	Wesentliche grobe Parameter des Pfeilers: Länge, Breite, Höhe
Geometrische Darstellung	 <p>Abbildung 27 zeigt die geometrische Darstellung der Pfeiler/Stützen MDG 100. Es sind drei Ansichten dargestellt: eine Draufsicht auf der linken Seite, die ein rechteckiges Bauteil mit abgerundeten Enden zeigt; eine Vorderansicht in der Mitte, die einen rechteckigen Pfeiler mit einer vertikalen Linie in der Mitte darstellt; und eine Seitenansicht auf der rechten Seite, die den rechteckigen Querschnitt des Pfeilers zeigt.</p> <p>Abbildung 27 LOG 100 Geometrische Darstellung der Pfeiler/Stützen</p>
	MDG 200
Beschreibung	Die Pfeiler werden als allgemeingütige Bauteile erstellt. Sie erhalten annähernde Mengen, Abmessungen, Form, Lage und Ortsbezug.
Geometrische Darstellung	 <p>Abbildung 28 zeigt die geometrische Darstellung der Pfeiler/Stützen MDG 200. Es sind zwei Ansichten dargestellt: eine Vorderansicht oben, die sechs rechteckige Pfeiler auf einer gemeinsamen Basis darstellt; und eine Draufsicht unten, die ein rechteckiges Bauteil mit sechs abgerundeten Aussparungen zeigt, die den Pfeilern entsprechen.</p> <p>Abbildung 28 LOG 200 Geometrische Darstellung der Pfeiler/Stützen</p>

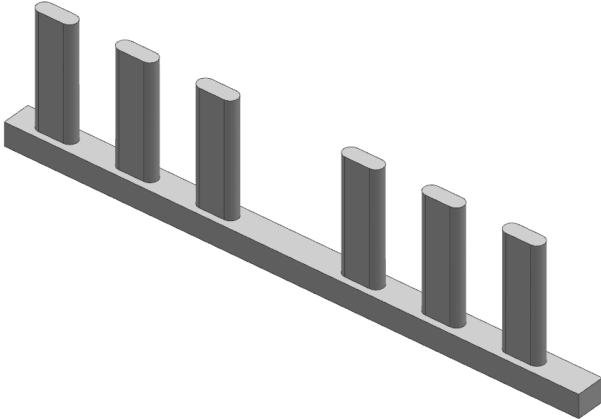
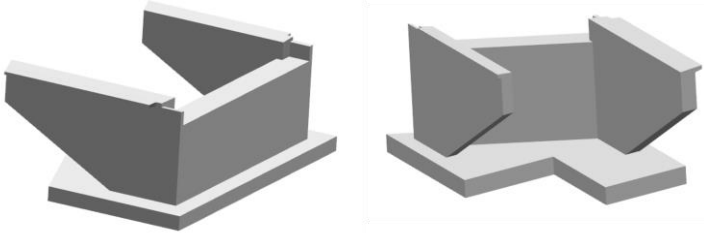
	MDG 300
Beschreibung	Die Pfeiler werden präzise, spezifisch und ausführungsfähig als Bauteile bzw. Bauteilgruppen modelliert, mit präzisen Angaben über Abmessungen, wesentliche Form, Lage und Ortsbezug sowie Menge. Der geometrische Informationsgehalt der Pfeiler wird durch Detailzeichnungen ergänzt.
Geometrische Darstellung	 <p>Abbildung 29 LOG 300 Geometrische Darstellung der Pfeiler/Stütze</p>
	MDG 400/500
Beschreibung	400: Es gibt keine weitere Detaillierung des Pfeilers/Stütze. 500: Verifizierte Darstellung des tatsächlich vorhandenen Pfeilers/Stütze.

Tabelle 12 LOG-Definitionen Unterbau-Pfeiler/Stütze

Unterbau – Widerlager	MDG 100
Beschreibung	<p>Wesentliche grobe Parameter des Widerlagers:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Widerlagerwand. Länge, Breite, Höhe • Widerlagerflügel: Länge, Breite, Höhe • Darstellung der Auflagerbank mit ungefähren Abmessungen
Geometrische Darstellung	<div style="text-align: center;">  </div> <p>Abbildung 30 LOG 100 Geometrische Darstellung des Widerlagers</p>
	MDG 200
Beschreibung	<p>Das Widerlager wird als allgemeingültiges Bauteil erstellt. Sie erhalten annähernde Mengen, Abmessungen, Form, Lage und Ortsbezug</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abbildung mit Auflagerbank, Kammerwand • Darstellung Voute

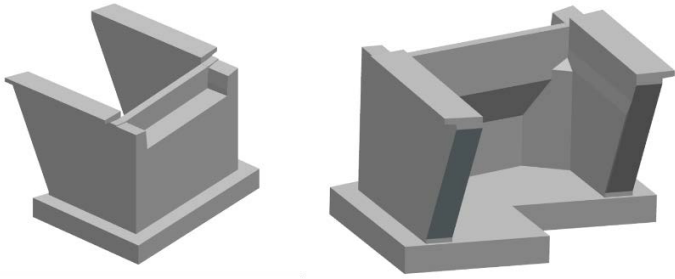
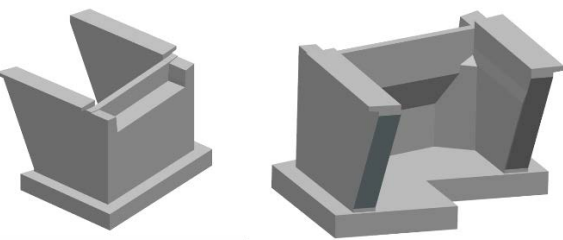
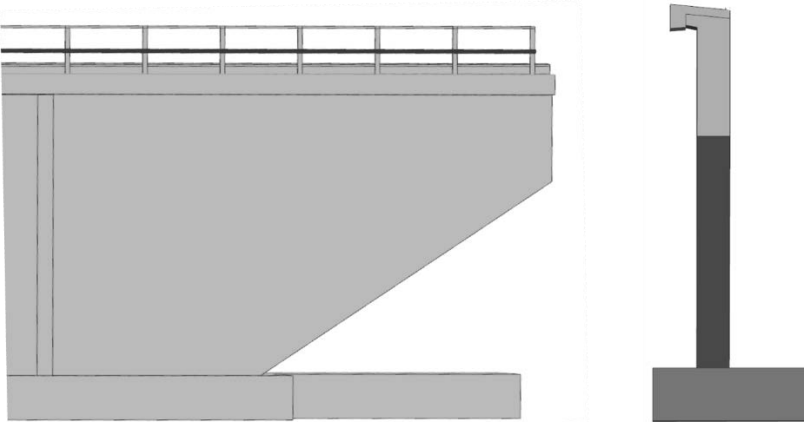
Geometrische Darstellung	 <p>Abbildung 31 LOG 200 Geometrische Darstellung des Widerlagers</p>
	MDG 300
Beschreibung	Die Widerlager werden präzise, spezifisch und ausführungsreif als Bauteile bzw. Bauteilgruppen modelliert, mit präzisen Angaben über Abmessungen, wesentliche Form, Lage und Ortsbezug sowie Menge. Der geometrische Informationsgehalt der Widerlager ist durch Detailzeichnungen zu ergänzen.
Geometrische Darstellung	 <p>Abbildung 32 LOG 300 Geometrische Darstellung des Widerlagers</p>
	MDG 400/500
Beschreibung	400: Es gibt keine weitere Detaillierung der Widerlager. 500: Verifizierte Darstellung des tatsächlich vorhandenen Widerlagers als As-built Modell.

Tabelle 13 LOG-Definitionen Unterbau-Widerlager

Unterbau – Flügelausbildung	MDG 100
Beschreibung	Wesentliche grobe Parameter des Flügels: - Höhe, Breite, mit ungefährender Neigung
Geometrische Darstellung	 <p>Abbildung 33 LOG 100 Geometrische Darstellung der Widerlagerflügel (Vorder- und Seitenansicht)</p>
	MDG 200
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> - Der Flügel wird als allgemeingültiges Bauteil erstellt. Sie erhalten annähernde Mengen, Abmessungen, Form, Lage und Ortsbezug - Gezeichnet mit korrekten Maßen (Winkel des Flügels) - Darstellung der Schürze - Sauberkeitsschicht

Geometrische Darstellung

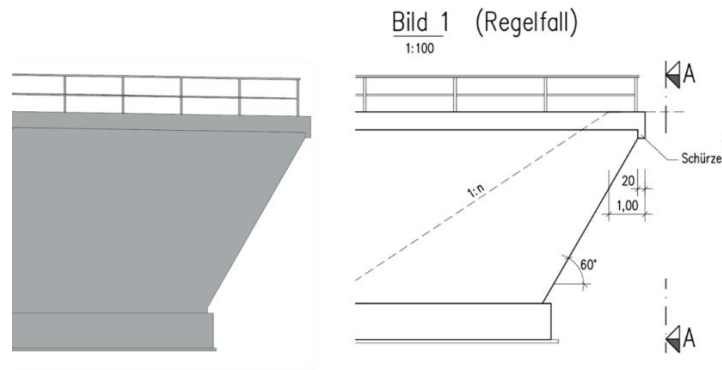


Abbildung 34 LOG 200 Geometrische Darstellung der Widerlagerflügel nach RiZ-ING (Seitenansicht) ((BMVI 2017a)

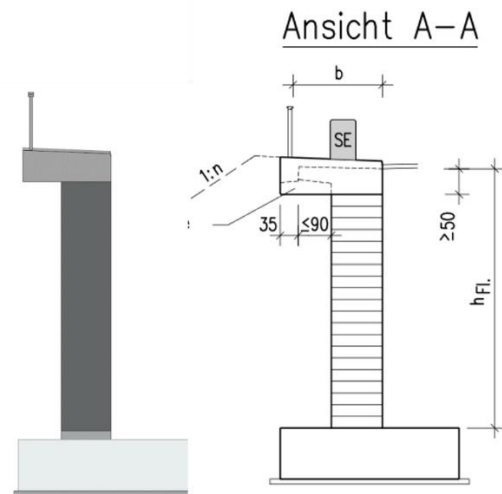


Abbildung 35 LOG 200 Geometrische Darstellung der Widerlagerflügel nach RiZ-ING (Vorderansicht)(BMVI 2017a)

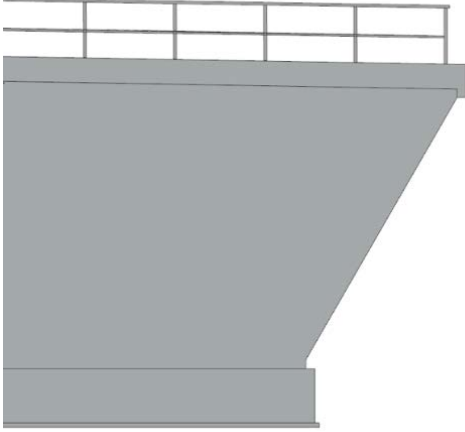

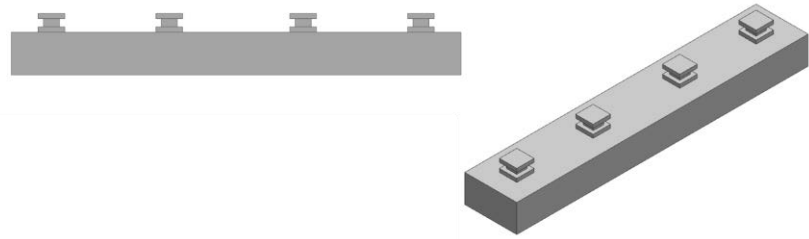
	MDG 300
Beschreibung	Die Flügel werden präzise, spezifisch und ausführungsfähig als Bauteile modelliert, mit präzisen Angaben über Abmessungen, wesentliche Form, Lage und Ortsbezug sowie Menge. Der geometrische Informationsgehalt der Flügel wird durch Detailzeichnungen ergänzt.
Geometrische Darstellung	 <p>Abbildung 36 LOG 300 Geometrische Darstellung der Widerlagerflügel basierend auf LOG 200</p>
	MDG 400/500
Beschreibung	400: Es gibt keine weitere Detaillierung der Flügel. 500: Verifizierte Darstellung des tatsächlich vorhandenen Flügels als As-built Modell.

Tabelle 14 LOG-Definitionen Unterbau-Flügelausbildung

Ausstattung - Lager	MDG 100
Beschreibung	Wesentliche grobe Parameter der Lager: Länge, Breite, Höhe
Geometrische Darstellung	 <p>Abbildung 37 LOG 100 Geometrische Darstellung der Lager</p>
	MDG 200
Beschreibung	<p>Die Lager werden als allgemeingütige Bauteile erstellt.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sie erhalten annähernde Mengen, Abmessungen und Form • Darstellung der Lagersockel
Geometrische Darstellung	 <p>Abbildung 38 LOG 200 Geometrische Darstellung der Lager</p>

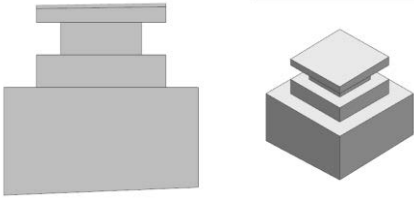

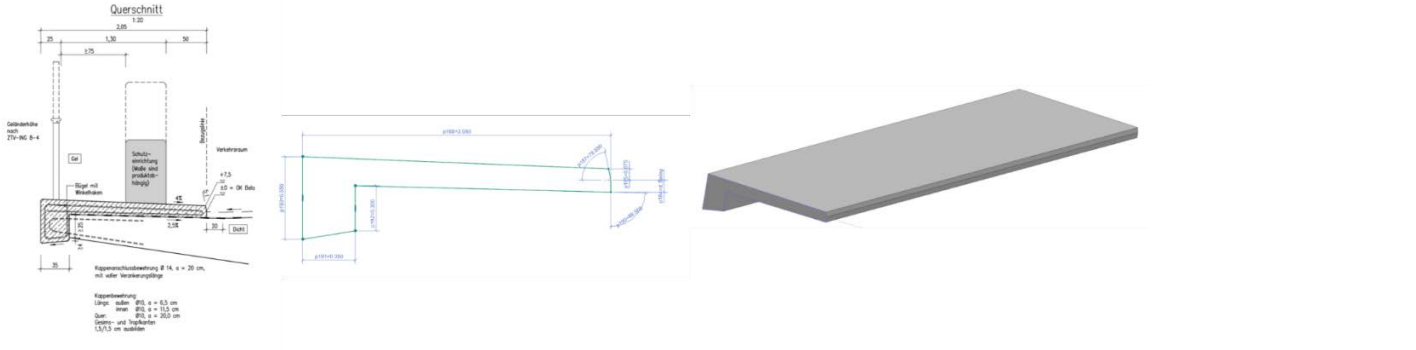
	MDG 300
Beschreibung	Die Lager werden präzise, spezifisch und ausführungsfähig als Bauteile bzw. Bauteilgruppen modelliert, mit präzisen Angaben über Abmessungen, wesentliche Form, Lage und Ortsbezug sowie Menge. Der geometrische Informationsgehalt der Lager wird durch Detailzeichnungen ergänzt.
Geometrische Darstellung	 <p>Abbildung 39 LOG 300 Geometrische Darstellung der Lager</p>
	MDG 400/500
Beschreibung	400: Es gibt keine weitere Detaillierung der Lager. 500: Verifizierte Darstellung des tatsächlich vorhandenen Lagers als As-built Modell.

Tabelle 15 LOG-Definitionen Ausstattung-Lager

Ausstattung - Kappe	MDG 100
Beschreibung	Wesentliche grobe Parameter der Kappe: Länge, Breite, Höhe
Geometrische Darstellung	 <p>Abbildung 40 LOG 100 Geometrische Darstellung der Kappe</p>
	MDG 200
Beschreibung	<p>Die Kappen werden als allgemeingütige Bauteile erstellt.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modelliert nach RiZ-ING (hier: Kap 1) - Kappe mit Fase - enthält annähernde Mengen, Abmessungen, Form
Geometrische Darstellung	 <p>Abbildung 41 LOG 200 Geometrische Darstellung der Kappe nach RiZ-ING (BMVI 2017a)</p>

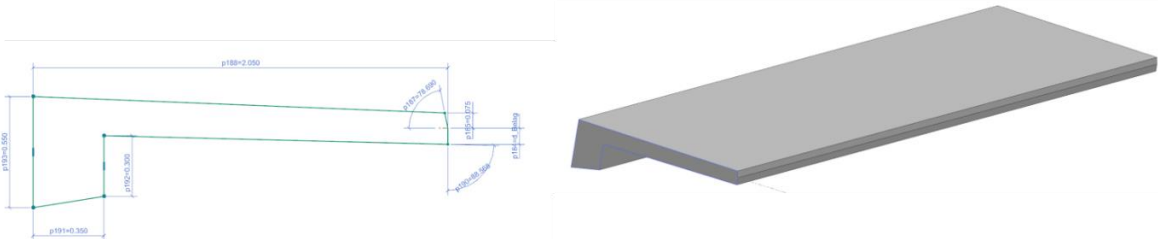
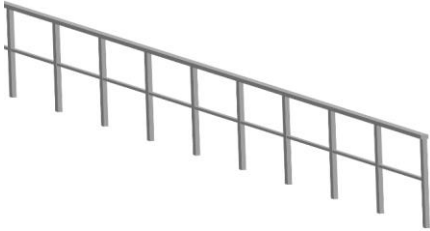
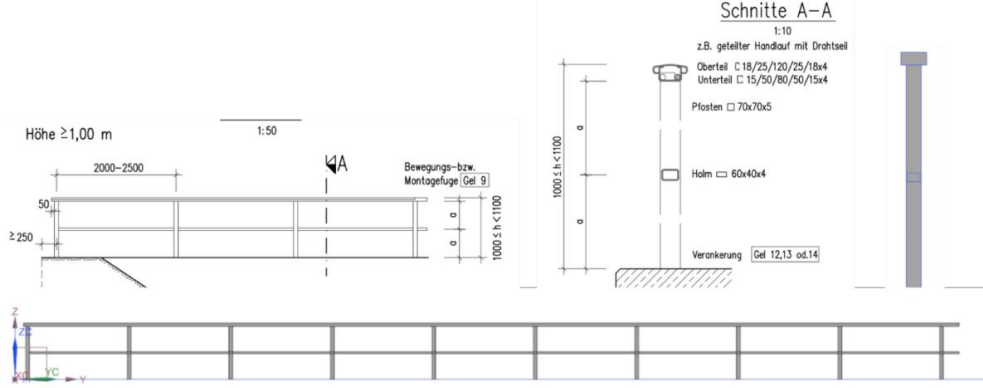
	MDG 300
Beschreibung	Die Kappen werden präzise, spezifisch und ausführungsfähig als Bauteile bzw. Bauteilgruppen modelliert, mit präzisen Angaben über Abmessungen, wesentlicher Form und Lage. Der geometrische Informationsgehalt der Kappe wird durch Detailzeichnungen ergänzt.
Geometrische Darstellung	 <p>Abbildung 42 LOG 300 Geometrische Darstellung der Kappe nach basierend auf LOG 200</p>
	MDG 400/500
Beschreibung	400: Es gibt keine weitere Detaillierung der Kappen. 500: Verifizierte Darstellung der tatsächlich vorhandenen Kappe.

Tabelle 16 LOG-Definitionen Ausstattung-Kappe

Ausstattung - Geländer	MDG 100
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> - Wesentliche grobe Parameter des Geländers: Länge, Breite, Höhe - Ungefähre Anzahl an Pfosten sowie ungefähre Pfostenabstand
Geometrische Darstellung	 <p data-bbox="629 628 1290 651">Abbildung 43 LOG 100 Geometrische Darstellung des Geländers</p>
	MDG 200
Beschreibung	<p>Das Geländer wird als allgemeingültiges Bauteil erstellt.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modelliert nach RiZ-ING (hier Gel 3) - Korrekte Anzahl der Pfosten mit Pfostenabstand - Darstellung des Handlaufs (Gel 10) und der Verankerung (Gel 12,13,14)
Geometrische Darstellung	 <p data-bbox="629 1331 1599 1353">Abbildung 44 LOG 200 Geometrische Darstellung des Geländers nach RiZ-ING (BMVI 2017a)</p>

	MDG 300
Beschreibung	Das Geländer wird präzise, spezifisch und ausführungsfähig als Bauteile bzw. Bauteilgruppen modelliert, mit präzisen Angaben über Abmessungen, wesentliche Form. Der geometrische Informationsgehalt des Geländers wird durch Detailzeichnungen ergänzt.
Geometrische Darstellung	<p>Höhe $\geq 1,00$ m</p> <p>1:50</p> <p>2000–2500</p> <p>50</p> <p>≥ 250</p> <p>Bewegungs- bzw. Montagefuge (Gel. 9)</p> <p>1000 \leq h < 1100</p> <p>1000 \leq h < 1100</p> <p>Schnitte A-A</p> <p>1:10</p> <p>z.B. geteilter Handlauf mit Drahtseil</p> <p>Oberteil □ 18/25/120/25/18x4</p> <p>Unterteil □ 15/50/80/50/15x4</p> <p>Pfosten □ 70x70x5</p> <p>Holm □ 60x40x4</p> <p>Verankerung (Gel. 12,13 od.14)</p> <p>z</p> <p>x</p> <p>y</p>
	MDG 400/500
Beschreibung	400: Es gibt keine weitere Detaillierung des Geländers. 500: Verifizierte Darstellung der tatsächlich vorhandenen Geländer.

Tabelle 17 LOG-Definitionen Ausstattung-Geländer

5.4. Semantische Detaillierung

Die Aufstellung der semantischen Informationen basiert auf der Grundlage mehrerer Quellen. Mit der zu Hilfenahme von Dokumenten der drei Planungsphasen, einem Leistungsverzeichnis sowie der in Kapitel 3.5. beschriebenen Richtlinien wurden den festgelegten Bauteiltypen Attribute zugewiesen. Neben den genannten Unterlagen wurden die Attribute mit Hilfe von Experten im Bereich der Brückenplanung von OBERMEYER zusammengestellt. Ähnlich wie bei den Bauteiltypen erfolgte ebenfalls eine Kategorisierung in übergeordnete Gruppen:

Attributblock Objektspezifisch	<ul style="list-style-type: none">• Beschreibung der Bauteilunterteilung• Beispiel: Kategorie, Bauteilgruppe, Bauteiltyp
Attributblock Übergreifend	<ul style="list-style-type: none">• Allgemein benötigte Attribute, nicht Brückenspezifisch• Beispiel: MDG, Status, Höhensystem
Attributblock Geometrie	<ul style="list-style-type: none">• Geometrische Abmessungen• Beispiel: Länge, Breite, Höhe
Attributblock Material	<ul style="list-style-type: none">• Materialeigenschaften des Bauteils• Beispiel: Material, Festigkeitsklasse
Attributblock Ingenieurbau	<ul style="list-style-type: none">• Attribute bezogen auf das Bauwerk• Beispiel: Lichte Höhe, Lichte Weite, Kreuzungswinkel
Sonstige Attribute	<ul style="list-style-type: none">• Zusätzliche Attribute• Beispiel: Eigentümer, Bemerkungen, Merkmale

Abbildung 46 Sortierung der Attribute – eigene Darstellung

Die Zusammenstellung der Attribute berücksichtigt unter anderem die erforderlichen Informationen bei der Bearbeitung einer Leistungsphase. Beispiel:

Bei Erstellung eines 2D-Planes in der Entwurfsphase sind die Richtlinien der RAB-ING heranzuziehen (siehe Kapitel 3.5). Die vorgegeben Formblätter dienen unter anderem als Anhaltspunkt zur Aufnahme der erforderlichen Attribute.

Die Informationsdichte der einzelnen Attributblöcke hängt von der jeweiligen Leistungsphase ab. Wie bei der Bauteilsortierung gleichermaßen, impliziert eine fortgeschrittene Planungsphase ebenfalls eine höhere Datenmenge (siehe Anhang C).

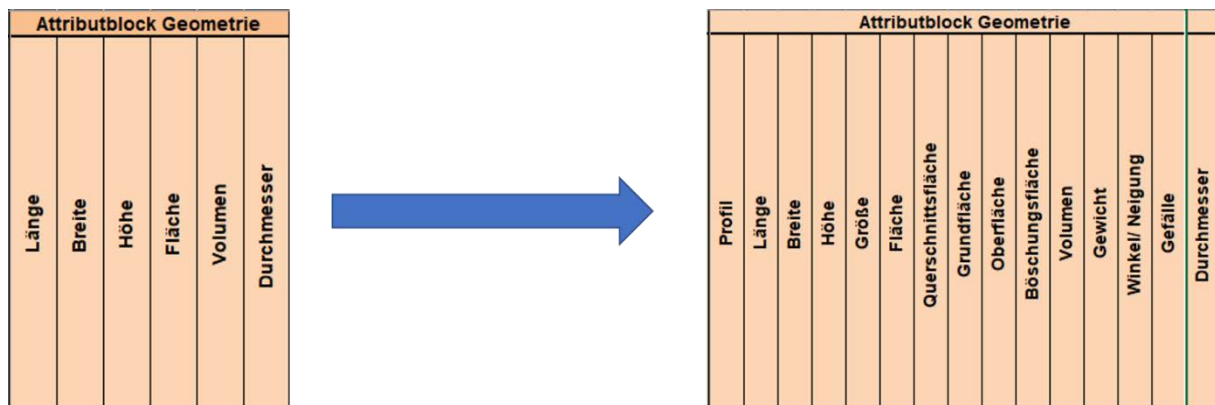


Abbildung 47 Beispiel-Zunahme der Attribute von LPh2 zu LPh3

5.5. Kategorisierung der Liste

Die Leistungsphase als eine der maßgebenden Größe im Bauwesen ist auch hier als entscheidender Faktor festgelegt worden. Eine Zuordnung der Attribute nach Anwendungsfällen wurde in dieser Arbeit bewusst nicht vorgenommen. Begründet mit der Tatsache, dass die Leistungsphasen im deutschen Bauwesen ausschlaggebend sind. Ferner geht mit der Betrachtung der Anwendungsfälle als eine Grundleistung (oder erweitert als besondere Leistung) die Verbindung einher, dass die Bearbeitung einer Leistungsphase mit dieser korreliert. Die Zuweisung der Anwendungsfälle zu den jeweiligen Leistungsphasen ist, wie bei den Leistungen der HOAI gleichermaßen, nicht als abschließend zu sehen (Bayerische Architektenkammer 2013b). Mit der Zuordnung wird keine Erbringung gefordert, sondern eine Empfehlung abgegeben, die bei Bedarf projektspezifisch angepasst und verändert werden kann.

Beispiel:

Ausgehend von einer Vorplanung sind unter anderem als Grundleistung das Erarbeiten, Untersuchen und der Vergleich von Varianten, eine Kostenschätzung nach DIN 276 sowie das Zusammenfassen und Dokumentieren von Resultaten aufgelistet (Bayerische Architektenkammer 2013b). Die Variantenuntersuchung erfolgt beispielsweise unter Zuhilfenahme eines dreidimensional, parametrisch erstellten Modells. Ferner kann auf Basis des digitalen Modells mit Hilfe eines geeigneten Programms eine Kostenschätzung durchgeführt werden.

Prinzipiell ist die Ausarbeitung des Konzepts aus objektplanerischer Sicht zu betrachten. Ausgehend von der beauftragten Leistungsphase ergeben sich die geometrische Detaillierung,

Objekte und Attribute sowie eine Auswahl an Anwendungsfällen, die mit der Planungsphase einhergehen (siehe Abbildung 48).

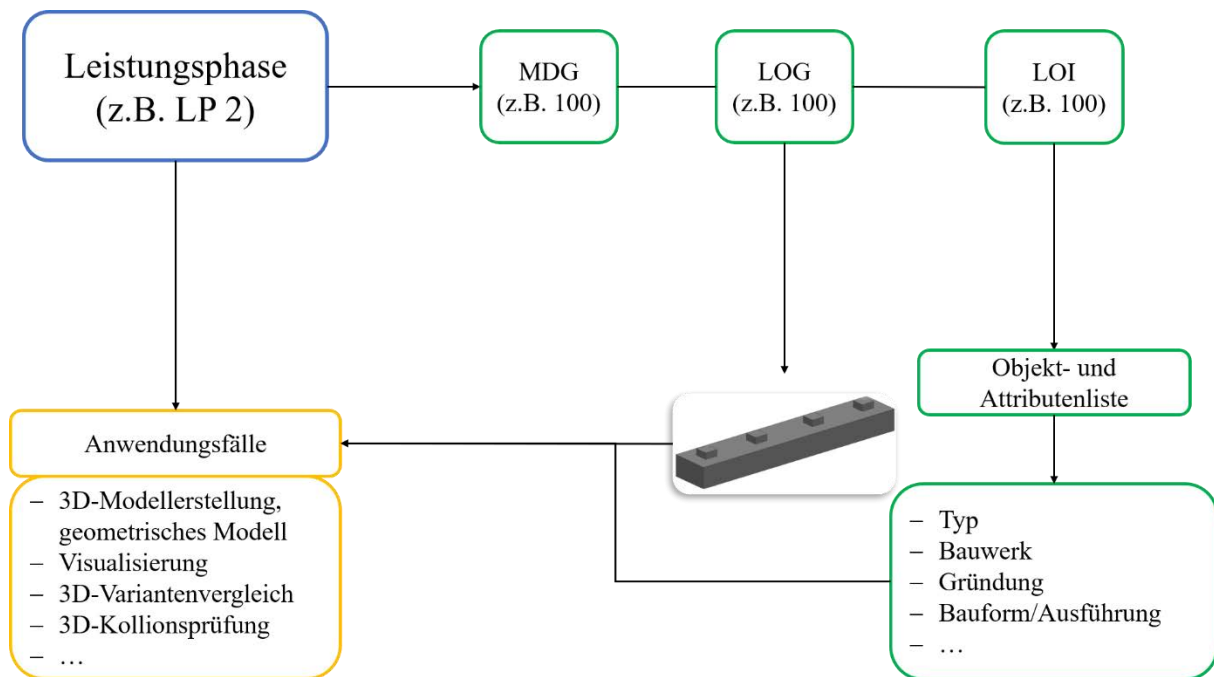


Abbildung 48 Vorgangsschema Detaillierung im Projekt – eigene Darstellung

Anhand des abgebildeten Schemas Abbildung 48 lassen sich die Abhängigkeiten und Zusammenhänge zwischen den einzelnen Komponenten erkennen. Die Modellerstellung ist in Korrelation mit der Attribuierung zu sehen. Grundsätzlich gilt, dass ein reines geometrisches Modell ohne jegliche Semantik nicht der BIM-Methodik entspricht und somit auch auszuschließen ist (Verein Deutscher Ingenieure e.V. 2018a). Demnach beinhalten die geometrischen Modelle bereits die Informationen, die für die weitere Planung notwendig und auch gefordert sind.

5.6. Vergleich und Bewertung des Detaillierungskonzept

Mit einem Vergleich zu den in Kapitel 5.1 vorgestellten Konzepten werden die Ursachen für die unterschiedlichen Ansichten zur Festlegung eines solchen Konzeptes erörtert.

Zu Beginn ist eine einheitliche Definition der Detaillierungsgrade von Nöten. Die ambivalente Bedeutung der LOD sowie die Möglichkeit der Anwender diese eigens zu den Leistungsphasen zuordnen unterstreicht die Dringlichkeit eine bundesweit standardisierte Festlegung einzuführen.

Leistungsphase	FHH	Mini	VBI Leitfaden		BIM Leitfaden D
LPh 1		LoG 100	MDG 010		
LPh 2	MDG/LoG 100	LoG 200	MDG 100	LOD 100	Fertigstellungsgrad 100
LPh 3	MDG/LoG 200	LoG 300	MDG 200	LOD 200	Fertigstellungsgrad 200
LPh 4	MDG/LoG 300	LoG 300	MDG 210		Fertigstellungsgrad 300
LPh 5	MDG/LoG 400	LoG 400/ LoG 450 (Werk- und Montageplanung)	MDG 300	LOD 300	Fertigstellungsgrad 400
LPh 6			MDG 310		
LPh 7			MDG 320		
LPh 8			MDG 400/500	LOD 400	
LPh 9			MDG 510		Fertigstellungsgrad 500
As Built	MDG/LoG 500	LoG 500	MDG 500	LOD 500	
FM			MDG 600		

Tabelle 18 Vergleich Zuordnung Detaillierungsgrade – eigene Darstellung auf Basis von (Freie und Hansestadt Hamburg 2017a; Mini 2016; Verband Beratender Ingenieure VBI 2016; Martin Egger, Kerstin Hausknecht, Thomas Liebich, Jakob Przybylo)

Anhand der aufgezeigten Tabelle wird die ungleiche Einteilung der verschiedenen Auslegung deutlich. Bei der Ausprägung der Detaillierung spielen Faktoren, wie die Art des Fachmodells oder die zugehörige Leistungsphase eine bedeutende Rolle (Martin Egger, Kerstin Hausknecht, Thomas Liebich, Jakob Przybylo). Für ein einheitliches Verständnis muss an dieser Stelle eine einheitliche Vorgabe durch den Bund festgelegt werden.

Ein weiterer Aspekt sind die unterschiedlichen Ansätze, die bei der Etablierung eines Konzeptes von Bedeutung sind. Beide Konzepte (siehe Kapitel 5.1) wie auch diese Arbeit, nehmen die Trennung zwischen geometrischer sowie alphanummerischer Detaillierung vor. Der Ausgangspunkt zur Definition der alphanummerischen Informationen differenziert sich an dieser Stelle zwischen der Definition nach Anwendungsfällen (Mini 2016; Freie und Hansestadt Hamburg 2017a) sowie der Festlegung nach Leistungsphase in dieser Arbeit. Des Weiteren variiert ebenfalls die Datenquelle, aus der die Informationen bezogen werden. Während die FHH den gesamten Bauteilkatalog ausgehend von der ASB-ING gliedern, werden die Attribute bei Mini praxisbezogen in Kooperation mit der Firma SSF entwickelt (Freie und Hansestadt Hamburg 2017a; Mini 2016). Es wird an dieser Stelle betont, dass bei der Strukturierung der Bauteilinformationen die ASB-ING berücksichtigt wurde, jedoch wurde auf den Inhalt für diese Masterarbeit bewusst verzichtet, da sich diese Arbeit mit den Planungsphasen eines Bauwerks auseinandersetzt, wohingegen die Informationen der ASB-ING für den Betrieb sowie die Instandhaltung eines Bauwerks ausgelegt sind. Weitere Datenquellen, die für den Aufbau dieser Masterarbeit berücksichtigt wurden, sind in Kapitel 5.2 erläutert worden.

Die Definition der Informationsdichte anhand von Anwendungsfällen garantiert, dass das Modell keine obsoleten Informationen enthält. Verglichen dazu kann die Festlegung nach Leistungsphase gegenteiliges suggerieren. Wie auch bei der konventionellen Planung werden vor Projektbeginn alle benötigten Informationen mit dem AG abgesprochen. Die Durchführung eines Projekts mit BIM ändert diese Tatsache, sowie das Einhergehen von bestimmten Grundleistungen in einer Leistungsphase, nicht. Daher wird in der Arbeit davon ausgegangen, dass bestimmte BIM-Anwendungsfälle, vergleichbar mit den Grundleistungen, mit der Festlegung einer Leistungsphase trotzdem erbracht werden müssen. Deshalb wurden die damit einhergehenden Informationen (z.B. zur Erstellung eines Plans nach Angaben der RAB-ING) als eine Mindestanforderung bei der Erarbeitung der Liste berücksichtigt. Diesen Aspekt zusammenfassend kann gesagt werden, dass eine Vorabsprache mit dem AG und allen Projektbeteiligten, auch bei Leistungsphasen als maßgebende Größe, die Obsoleszenz von Daten gewährleisten kann und demnach essenziell ist.

Zu der Erstellung eines Detaillierungskonzeptes gibt bis dato einige Ausarbeitungen (siehe Kapitel 5.1) sowie Ansätze zur Strukturierung mit Hilfe von Ziffern eines solchen, wie beispielsweise mit Hilfe der Klassifikationssysteme OmniClass, Uniclass oder der ASB-ING. Eine Klassifikation angelehnt an eines dieser Systeme, wie es die FHH mit ihrem Bauteilkatalog vormacht, kann von Vorteil sein, da eine numerische Zuweisung eine eindeutige Zuordnung gewährleisten kann. Nachteilig zu erwähnen ist, dass die vorhandenen Tabellen sowie auch zugehörigen Nummerierungen, nicht den gewünschten Anforderungen von Fachplanern in der Praxis hinsichtlich der Objekten- sowie Attributenauswahl entsprechen könnten. Gründe dafür können sein, dass zum einen die Nomenklatur mit der Nummerierung nicht für sinnvoll gehalten wird oder zum anderen aus fachplanerischer Sicht eine andere Einteilung vorteilhafter wäre. Die Struktur des Detaillierungskonzeptes in dieser Masterarbeit verglichen mit Mini's Arbeit sowie den Vorgaben der FHH macht erstens die unterschiedlichen Ansätze der Strukturierung sowie Sortierung sichtbar und zweitens die unterschiedliche Auswahl an relevanten Attributen. Bei der geometrischen Ausprägung der jeweiligen Bauteile orientiert sich diese Arbeit stark an der Modellierung von Minis Arbeit (siehe „Definition der Level of Development für ausgewählte Brückenbauteile in (Mini 2016)).

Ein zusätzlicher Aspekt, der die verschiedenen Ansätze erklärt, ist dass sich die Erstellung von Vorgaben und Konzepten derzeit in einem frühen Stadium befindet. Folglich sind die derzeitigen vorhandenen Konzepte nicht einheitlich abgestimmt, weshalb die Einführung eines zunächst einfach gestalteten Entwurfs für die Anwender von Vorteil wäre, welcher im Laufe der Zeit und Erfahrung erweitert, verfeinert sowie auf die Praxis angepasst werden kann.

All diese Aspekte, die im Zuge dieser Masterarbeit ebenfalls mit den Fachplanern von OBERMEYER besprochen wurden, führen zu dem Schluss, dass die Erstellung eines allgemein einheitlichen Konzepts, das den Bedürfnissen und Anforderungen aller entspricht, nicht leicht zu erfüllen ist. Trotzdem ist es von essenzieller Bedeutung einheitliche Rahmenbedingungen zu schaffen, die in erster Linie auf Basis einer gemeinsamen Grundlage geschaffen werden. Daher müssten dahingehend durch die öffentliche Hand als Vorbild, Vorgaben oder Rahmenbedingungen festgelegt werden, um eine einheitliche Voraussetzung für alle Anwender zu schaffen und zu gestalten.

6. Objektbibliotheken und Datenbanken

Die Arbeitsmethode BIM basiert auf dreidimensionalen Modellen mit dem Fokus auf digitalen Informationsaustausch zwischen den Projektbeteiligten, die mitunter eine Grundlage für den gesamten Lebenszyklus des Bauwerks bilden. Um den Austausch von einheitlichen Bauteilinformationen, welche vorab vom Auftraggeber in den AIA vorgegeben werden, zu ermöglichen, bedarf es der Verwaltung von Dateninformationen. Mit Hilfe einer Datenbank soll sowohl für den Auftraggeber als auch dem Auftragnehmer ein zusätzliches Werkzeug zur Verfügung gestellt werden, welches den AG auf der einen Seite während der Erstellung und Prüfung der AIA sowie der Modelle unterstützen soll. Auf der anderen Seite legt es für den AN die benötigten Informationen zur Erstellung des Modells fest und kann dadurch die Erfüllung der vom AG geforderten Leistungen in den AIA gewährleisten (ARGE BIM4INFRA2020 2018a).

Im Rahmen dieser Masterarbeit wird eine relationale MS Access Datenbank aufgebaut, die die Einpflege der Bauteilinformationen erprobt und lediglich als Alternative zu BIMQ zu sehen ist. Die Idee ist es eine Datenbank aufzubauen, die den Handlungsempfehlungen der BIM4INFRA zu Merkmalsdatenbanken, wie beispielsweise Flexibilität des Datenbankmodells, der Bezug zu bestehenden Klassifikationssystemen und die Bestimmung von Zugriffen für verschiedene Rollen, folgt (ARGE BIM4INFRA2020 2018a). Die Erstellung einer Datenbank, die alle Anforderungen der BIM4FINFRA erfüllt, ist angesichts der frühen Entwicklungsphase noch nicht gegeben. Aus diesem Grund wurde im Zuge der Arbeit versucht eine Strukturierung und Verwaltung der Daten zu erarbeiten und zu entwickeln.

6.1. Status Quo Datenbanken

Die Bearbeitung eines BIM-basierten Projektes setzt ein einheitliches Verständnis hinsichtlich des Projektprozesses aller Projektbeteiligten voraus, dessen wesentlicher Aspekt der Datenaustausch ist. Hierbei ist nicht nur von Bedeutung wann die Daten ausgetauscht werden, sondern um welche Daten es sich dabei handelt. Um eben diese Informationen von Projektbeginn an festzulegen und deren Handhabung innerhalb des Projektes zu definieren, wurde von der Firma AEC3 ein solches Tool, genannt BIMQ, entwickelt. Die webbasierte Plattform bietet neben dem zentralen Informationsmanagement, eine Zuordnung der Projektbeteiligten zu deren jeweiligen Rollen im Projekt, mit den dazugehörigen Ansichten und den benötigten Projektinformationsanforderungen. Erstellen von Richtlinien sowie die Zuordnungen von LOD können auf Basis von Leistungsphasen, Leistungsbildern oder Anwendungsfällen erfolgen. Die Informationsanforderungen können hierbei nach Leistungsphase, Leistungsbild oder Anwendungsfällen gegliedert werden (AEC3 o.J.)



Abbildung 49 BIMQ Informationsmanagement (Liebich 2018)

Zudem wird innerhalb dieser Plattform festgelegt, wer zu welchem Zeitpunkt was wofür und wie einzureichen hat (AEC3 o.J.)

Einheitliche Vorgaben und die Plattform als eine gemeinsame Basis für alle Projektbeteiligten ermöglichen eine standardisierte Anwendung der BIM-Methode.

6.2. Datenbankgestützte Objekt- und Attributverwaltung

Für die Verwaltung der erarbeiteten Objektdaten und Informationen wurde für diese Arbeit die Relationale Datenbank MS Access zur Hand genommen.

Die Daten werden basierend auf der zuvor erstellten Objekten- und Attributenliste eingepflegt und sind dementsprechend äquivalent markiert. Die Verwaltung der Bauteilinformationen in den einzelnen Attributblöcke erfolgt in separaten Tabellen. Ferner sind die Anwendungsfälle, sowie die benötigten Bauteiltypen mit den zugehörigen Leistungsphasen verknüpft.

Die Datenbank ermöglicht die Ausgabe von Berichten, deren Informationsgehalt in Abhängigkeit der Leistungsphase definiert wird. Inhaltlich sind die dazu erforderlichen Bauteile mit den zugehörigen Attributen aufgelistet. Bei einer erforderlichen Hinterlegung des Attributs im Modell wird dieses dementsprechend markiert, andernfalls nicht. Die Auswahl eines Bauteiltyps sowie eines Attributs bedingt die Fortschreibung dieser in den darauffolgenden Leistungsphasen.

Leistungsphase/MDG:	
LPh 2	100
LPh 3	200
LPh 5	300

Nummer	Anwendungsfall
AwF 2	3D-Modellerstellung, geometrisches Modell
AwF 3	Visualisierung
AwF 4	3D-Variantenvergleich
AwF 5.1	3D-Kollisionsprüfung
AwF 6	Planungskoordination, Koordination der Fachgewerke
AwF 7.3	Erstellung von 2D-Plänen
AwF 7.4	Dokumentation Planungsänderungen und Nachverfolgung
AwF 9.1	Mengen und Kostenermittlung
AwF 22	Erstellung eines BIM-Projektabschlussplans (BAP)

Abbildung 50 Formular der MS Access Datenbank

Ausgehend von dem Formular (siehe Abbildung 50), der Benutzeroberfläche kann für die einzelnen Planungsphasen ein Bericht mit den benötigten Daten zur Informationsanreicherung im Modell erzeugt werden.

Brückenbauwerk

Leistungsphase LPh 3

MDG 200

Bauteilgruppe

<Brückenbauwerk>

Beschreibung MDG: Koordinierungsmodell mit allen wesentlichen Bauteilen verschiedenen 3D-Fachmodellen z.B. Objektplanung Ingenieurbauwerke, Objektplanung Verkehrsanlagen, Tragwerksplanung, Freiraumplanung, Technische Ausrüstung, Bestandserfassung (z.B. mittels Laserscan) sowie Baugrundmodell und Grundwassermodell.
Die 3D-Modelle sind mit den erforderlichen nicht-grafischen Informationen (Attributen), wie z.B. Materialangaben, zu erweitern, um eine vorschriftenkonforme Mengenermittlung zu ermöglichen.
Die Entwurfsplanung ist die endgültige Lösung der Planungsaufgabe.

Anwendungsfälle:

AwF 2	Modellerstellung, geometrisches Modell
AwF 3	Visualisierung
AwF 5.1	3D Kollisionsprüfung
AwF 6	Planungskoordination, Koordination der Fachgewerke
AwF 7.3	Erstellung von 2D Plänen
AwF 7.4	Dokumentation Planungsänderung und Nachverfolgung
AwF 8	Bemessung und Nachweisführung
AwF 9.1	Mengen und Kostenermittlung
AwF 22	Erstellung eines BIM-Projektentwicklungsplans (BAP)

Attributblock Übergreifend

Status	<input checked="" type="checkbox"/>	Abschnitt	<input checked="" type="checkbox"/>	Zuordnung_TSI_Streckenklasse	<input checked="" type="checkbox"/>
Modellerstellung	<input checked="" type="checkbox"/>	Streckenummer	<input checked="" type="checkbox"/>	Zuordnung_TSI_Abschnittsheft	<input checked="" type="checkbox"/>
Lagesystem	<input checked="" type="checkbox"/>	Bauwerksnummer	<input checked="" type="checkbox"/>	Zuordnung_AIB	<input checked="" type="checkbox"/>
Hoehensystem	<input checked="" type="checkbox"/>	Stationierung_KilometerVon	<input checked="" type="checkbox"/>	Durchfahrtsgeschwindigkeit	<input checked="" type="checkbox"/>
Kosten_GroupenNummer	<input checked="" type="checkbox"/>	Stationierung_KilometerBis	<input checked="" type="checkbox"/>		

Attributblock Ingenieurbau

Typ	<input checked="" type="checkbox"/>	Brückenfläche	<input checked="" type="checkbox"/>	Lichte_Weite	<input checked="" type="checkbox"/>
Bauweise	<input checked="" type="checkbox"/>	Kreuzungskilometer	<input checked="" type="checkbox"/>	Einzelstützweiten	<input checked="" type="checkbox"/>
Bauform/Ausführung	<input checked="" type="checkbox"/>	Kreuzungswinkel	<input checked="" type="checkbox"/>	Länge_zwischen_Endauflagern	<input checked="" type="checkbox"/>
Bauart	<input checked="" type="checkbox"/>	Lichte_Höhe	<input checked="" type="checkbox"/>	Breite_zwischen_Geländern	<input checked="" type="checkbox"/>
Einwirkungen + Klassifizierungsfaktor	<input checked="" type="checkbox"/>	Militärlastklasse	<input checked="" type="checkbox"/>	Erdbebenzone	<input checked="" type="checkbox"/>
Belastungsklasse	<input checked="" type="checkbox"/>	Vorspannung	<input type="checkbox"/>		

Abbildung 51 Beispielbericht „Brückenbauwerk“ Modellinhalte – LPh3

Die erste Seite des Berichts zeigt neben der genauen Beschreibung des MDG die zugeordneten Anwendungsfälle der ausgewählten Leistungsphase. Zudem sind die übergeordneten Modellinhalte für das gesamte Brückenbauwerk aufgelistet. Das heißt, Modellinhalte, die nicht

einem bestimmten Bauteiltypen zugeordnet sind, wie beispielsweise die Angabe von Bauwerksdaten bei der Planerstellung, werden dem Bauteiltyp „Brückenbauwerk“ zugeteilt. Die weiteren Seiten des Berichts beinhalten die übrigen Bauteiltypen der Leistungsphase mit den entsprechend markierten Attributen der einzelnen Attributblöcke.

Modellinhalte			
Leistungsphase	LPh 2	Bauteilgruppe	Überbau
MDG	100	Bauteiltyp	Überbau
Attributblock Geometrie			
Profil	<input type="checkbox"/>	Stärke	<input type="checkbox"/>
Länge	<input checked="" type="checkbox"/>	Höhe	<input checked="" type="checkbox"/>
Fläche	<input type="checkbox"/>	Breite	<input checked="" type="checkbox"/>
Volumen	<input type="checkbox"/>	Durchmesser	<input checked="" type="checkbox"/>
Attributblock Material			
Material	<input checked="" type="checkbox"/>		
Sonstige Attribute			
Eigentümer	<input type="checkbox"/>	Art	<input type="checkbox"/>
Bezeichnung	<input type="checkbox"/>	Merkmal	<input type="checkbox"/>

Modellinhalte			
Leistungsphase	LPh 3	Bauteilgruppe	Überbau
MDG	200	Bauteiltyp	Überbau
Attributblock Geometrie			
Profil	<input type="checkbox"/>	Stärke	<input type="checkbox"/>
Länge	<input checked="" type="checkbox"/>	Höhe	<input checked="" type="checkbox"/>
Fläche	<input type="checkbox"/>	Breite	<input checked="" type="checkbox"/>
Volumen	<input checked="" type="checkbox"/>	Durchmesser	<input type="checkbox"/>
Gewicht	<input checked="" type="checkbox"/>	Grundfläche	<input checked="" type="checkbox"/>
Winkel/ Neigung	<input checked="" type="checkbox"/>	Böschungfläche	<input type="checkbox"/>
Überdeckung	<input type="checkbox"/>	Oberfläche	<input type="checkbox"/>
		Gefälle	<input type="checkbox"/>
		Größe	<input type="checkbox"/>
		Querschnittsfläche	<input type="checkbox"/>
Attributblock Material			
Material	<input checked="" type="checkbox"/>	Expositionsklasse XS	<input checked="" type="checkbox"/>
Homogenbereich	<input type="checkbox"/>	Expositionsklasse XF	<input checked="" type="checkbox"/>
Festigkeitsklasse	<input checked="" type="checkbox"/>	Expositionsklasse XA	<input checked="" type="checkbox"/>
Expositionsklasse XC	<input checked="" type="checkbox"/>	Expositionsklasse XM	<input checked="" type="checkbox"/>
Expositionsklasse XD	<input checked="" type="checkbox"/>	Feuchtigkeitsklassen	<input checked="" type="checkbox"/>
Bemerkung_WU	<input type="checkbox"/>	Betonstahl	<input checked="" type="checkbox"/>
Spannstahl	<input type="checkbox"/>	Baustahl	<input checked="" type="checkbox"/>
Korrosionsschutz	<input checked="" type="checkbox"/>		
Sonstige Attribute			
Eigentümer	<input type="checkbox"/>	Art	<input type="checkbox"/>
Bezeichnung	<input type="checkbox"/>	Merkmal	<input type="checkbox"/>
Verdrehung Alpha x	<input type="checkbox"/>	V-Kraft Fz	<input type="checkbox"/>
Verdrehung Alpha y	<input type="checkbox"/>	H-Kraft Fx brückenlängs	<input type="checkbox"/>
Voreinstellung ex brückenlängs	<input type="checkbox"/>	H-Kraft Fy brückenquer	<input type="checkbox"/>
Voreinstellung ey brückenquer	<input type="checkbox"/>	Verschiebung vx brückenläng	<input type="checkbox"/>
		Verschiebung vy brückenquer	<input type="checkbox"/>
		Verschiebung vz vertikal	<input type="checkbox"/>

Abbildung 52 MS Access Bericht - Modellinhalte LPh2 und LPh3

Abhängig von der Leistungsphase sind in den frühen Planungsphasen weniger Bauteiltypen und Attribute gefordert als in den fortgeschritteneren Phasen (siehe Abbildung 52).

Die Verwendung der Datenbank soll anfänglich dazu dienen, die Strukturierung sowie die erforderlichen Daten zu erarbeiten und zu verwalten. Zudem ist dies als eine anfängliche Hilfestellung für den Anwender bei der Erstellung und Attribuierung der Modellelemente zu sehen.

7. Praxisbeispiel

Folgendes Kapitel zeigt die Bearbeitung eines Praxisbeispiels anhand des erstellten Konzeptes. Bei dem Beispiel handelt es sich um ein Schienenprojekt, welches sowohl Neubau- als auch Ausbaustrecken umfasst. Im Zuge der Masterarbeit wird für die Vorplanung einer zweifeldrigen Eisenbahnüberführung das zugehörige Brückenbauwerk modelliert sowie eine darauffolgende Kostenschätzung durchgeführt.

7.1. Vorgehen

Die Ausgangslage bilden das Bestandsmodell sowie der dazugehörige Plan. Das Brückenmodell wird mit Hilfe des Programms Siemens NX 11.0 modelliert, visualisiert und attribuiert. Mit der anschließenden Generierung einer IFC-Datei, ausgehend von einem JT-Datenformat (Jupiter Tessellation) wird das Modell an Desite MD für die weitere Kostenschätzung übergeben. Das Praxisbeispiel legt den Fokus auf die 3D-Modellierung des Bauwerks und die damit einhergehende Attribuierung, Datenübertragung sowie die Erstellung einer IFC-Datei. Die Erstellung von 2D-Plänen und ein 3D-Variantenvergleich wurden für diese Masterarbeit bewusst nicht vorgenommen, sind für eine Vorplanung aber erforderlich.

Da in den frühen Planungsphasen nicht alle Daten zur Verfügung stehen, findet in der Vorplanung eine Kostenschätzung auf Basis von Kostenkennwerten statt, die für diese Arbeit aus dem Kostenkennwertkatalog der Deutschen Bahn entnommen wurden (DB 2016). Ausgehend von der Vorplanung gestaltet sich die Objekten- und Attributlist wie folgt:

Attributblock Objektspezifizierung		Attributblock Geometrie							Attributblock Material	Attributblock Übergreifend										Sonstige Attribute																						
Leistungsphase	Kategorie	Baugruppen	Bauteilgruppe	Bauteiltyp	Länge	Breite	Stärke	Höhe	Fläche	Volumen	Durchmesser	Material	Typ	Bauweise	Bauform/Ausführung	Brückenfläche	Kreuzungskilometer	Kreuzungswinkel	Lichte Höhe	Lichte Weite	Einzelstützweiten	Länge zwischen Endauflage	Breite zwischen Geländern	MDG	Status	Modellerstellung	Lagesystem	Hoehensystem	Kosten_Groupennummer	Abschnitt	Streckennummer	Stationierung_KilometerVon	Stationierung_KilometerBis	Zuordnung_TSI_Abschnittshese	Zuordnung_TSI_Abschnittshese	AA_Sonstiges_Eigentuemer	AA_Sonstiges_Art	AA_Sonstiges_Bemerkung	AA_Sonstiges_Bezeichnung	AA_Sonstiges_Merkmal		
					X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LP 2	Brückenbauwerk	Brückenbauwerk		Brückenbauwerk																																						
LP 2		Überbau		Überbau	X	X	X	X		X		X																														
LP 2				Fahrbahnplatte	X	X	X	X		X		X																														
LP 2				Kragarm	X	X	X	X		X		X																														
LP 2				Pfeiler / Stütze	X	X	X	X		X		X																														
LP 2				Widerlager	X	X	X	X		X		X																														
LP 2				Widerlagerwand	X	X	X	X		X		X																														
LP 2				Widerlagerflügel	X	X	X	X		X		X																														
LP 2				Auflagerbank	X	X	X	X		X		X																														
LP 2				Gründung																																						
LP 2				Ausstattung																																						
LP 2				Lager	X	X	X	X		X		X																														
LP 2				Kappe	X	X	X	X		X		X																														
LP 2				Kabeltrög	X	X	X	X		X		X																														
LP 2				Geländer	X	X	X	X		X		X																														

Tabelle 19 Objekte und Attribute der LPh2

Tabelle 19 zeigt sowohl die erforderlichen Bauteiltypen im Modell als auch die dazugehörigen Attribute. Die erforderlichen Daten für die Formblätter bei der Planerstellung sind unter dem übergeordneten Bauteiltyp „Brückenbauwerk“ zugeordnet.

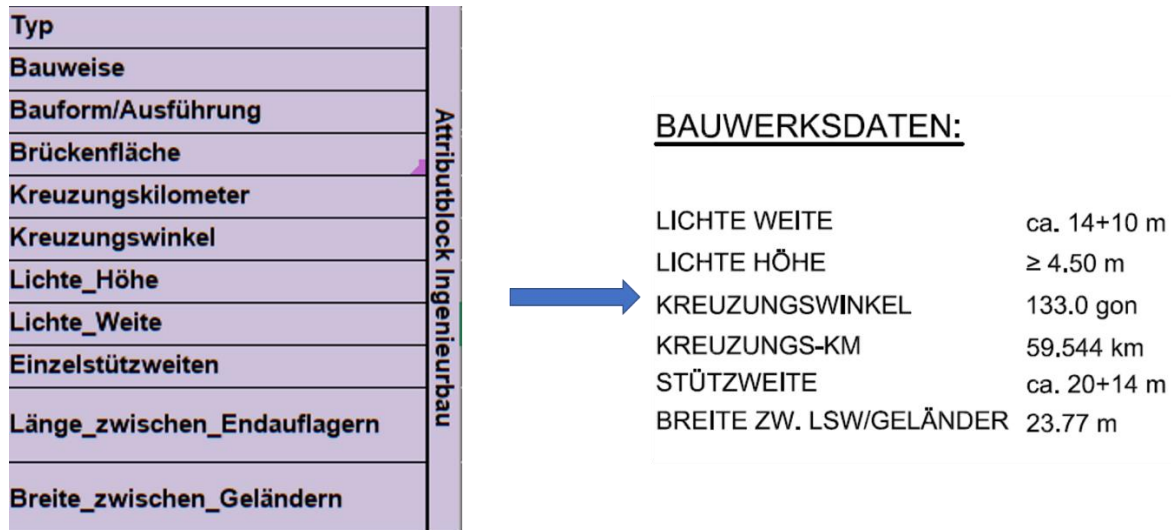


Abbildung 53 Ausschnitt Attributblock Ingenieurbau - Planinformationen LPh2

Die benötigten Informationen für eine Entwurfsplanung sind dementsprechend äquivalent in der Liste aufgeführt.

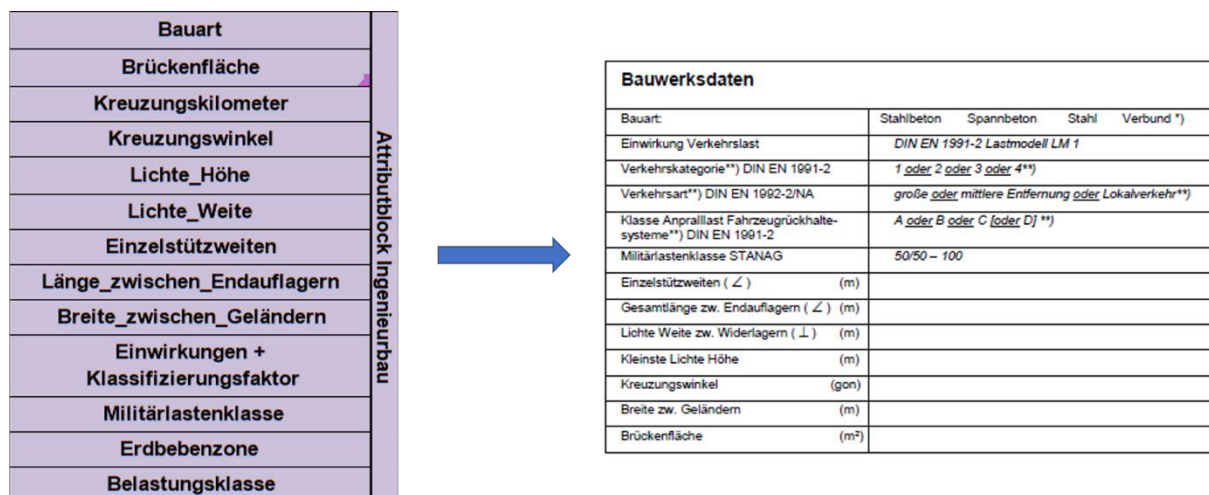


Abbildung 54 Ausschnitt Attributenliste Ingenieurbau – Planinformation LPh3

Im folgenden Kapitel wird näher auf die Modellierung, Attribuierung sowie die Kostenschätzung des Brückenmodells eingegangen.

7.2. Modellierung von Brücken in Siemens NX

Der Überbau generiert sich aus einer Skizze (*hier*: Leitskizze) die entlang einer Führungskurve, der Trasse extrudiert wird. Abhängig von der Leitskizze, die die übergeordneten Parameter enthält, erfolgt die Erstellung der weiteren Komponenten, wie Kappen, der Fahrbahnplatte und das Geländer.

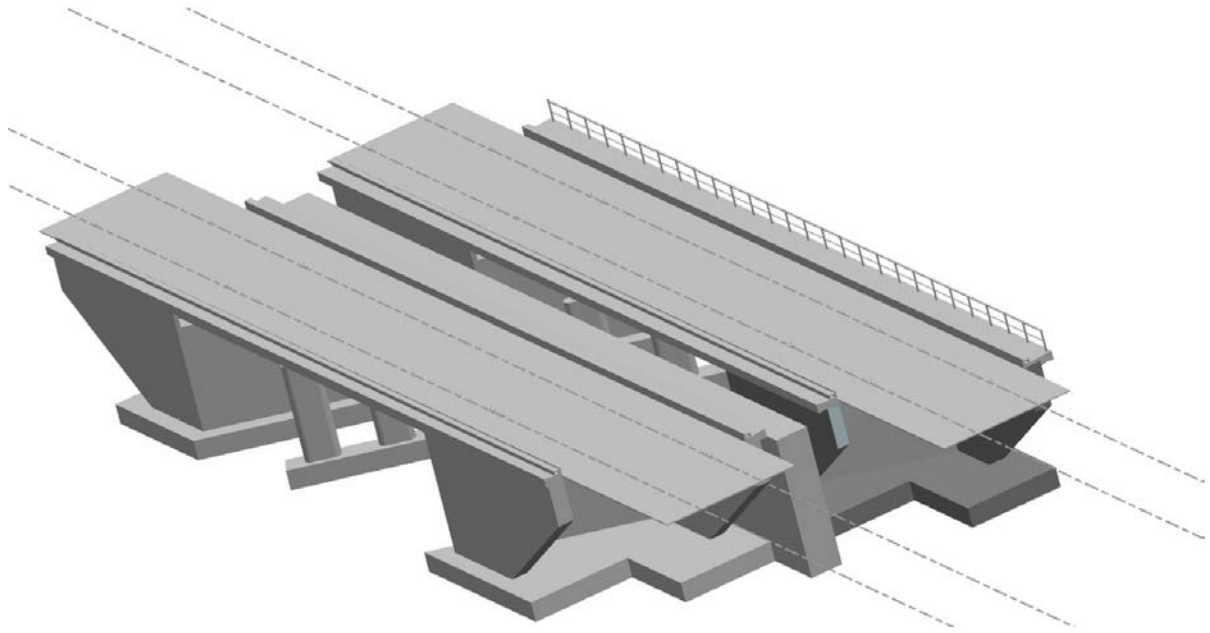


Abbildung 55 Brückenmodell in Siemens NX

Die zu modellierten Bauteile werden geometrisch entsprechend des MDG dargestellt (siehe Kapitel 5.3) und sind ebenfalls in der Liste aufgelistet. Die Attribuierung des Bauwerks erfolgt unmittelbar in Siemens NX mit Hilfe des auf der Objekten- und Attributenliste erstellten Attributkatalogs.

Attributblock Objektspezifizierung				Attributblock Material
Leistungsphase	Kategorie	Bauteilgruppe	Bauteiltyp	Material
LP 2	Brückenbauwerk	Brückenbauwerk	Brückenbauwerk	
LP 2		Überbau		
LP 2			Überbau	X
LP 2			Fahrbahnplatte	X
LP 2			Kragarm	X
LP 2		Unterbau		
LP 2			Pfeiler / Stütze	X
LP 2			Widerlagerwand	X
LP 2			Widerlagerflügel	X
LP 2			Kammerwand	X
LP 2			Auflagerbank	X
LP 2		Gründung		
LP 2			Pfahlgründung	X
LP 2			Pfahlkopfplatte	X
LP 2		Ausstattung		
LP 2			Lager	X
LP 2			Kappe	X
LP 2			Kabeltrog	X
LP 2			Geländer	X



Extrudieren Eigenschaften

Attribute Allgemein

Kontext

Interaktionsmethode

Extrudieren Attribute

Objektname	Attributblock Material		Attributblock Objektspezifizierung					
	Material		Bauteilgruppe	Bauteiltyp	Kategorie			
1 Widerlagerfluegel	Stahlbeton	▼	Unterbau	▼	Widerlagerwand	▼	Brückenbauwerk	▼

Abbildung 56 Objekten- und Attributenkatalog Excel - Siemens NX 11.0

Es wurde für jede Planungsphase ein separater Katalog erstellt, der als XML-Datei im- und exportiert sowie je nach Bedarf mit projektspezifischen Attributen ergänzt werden kann.

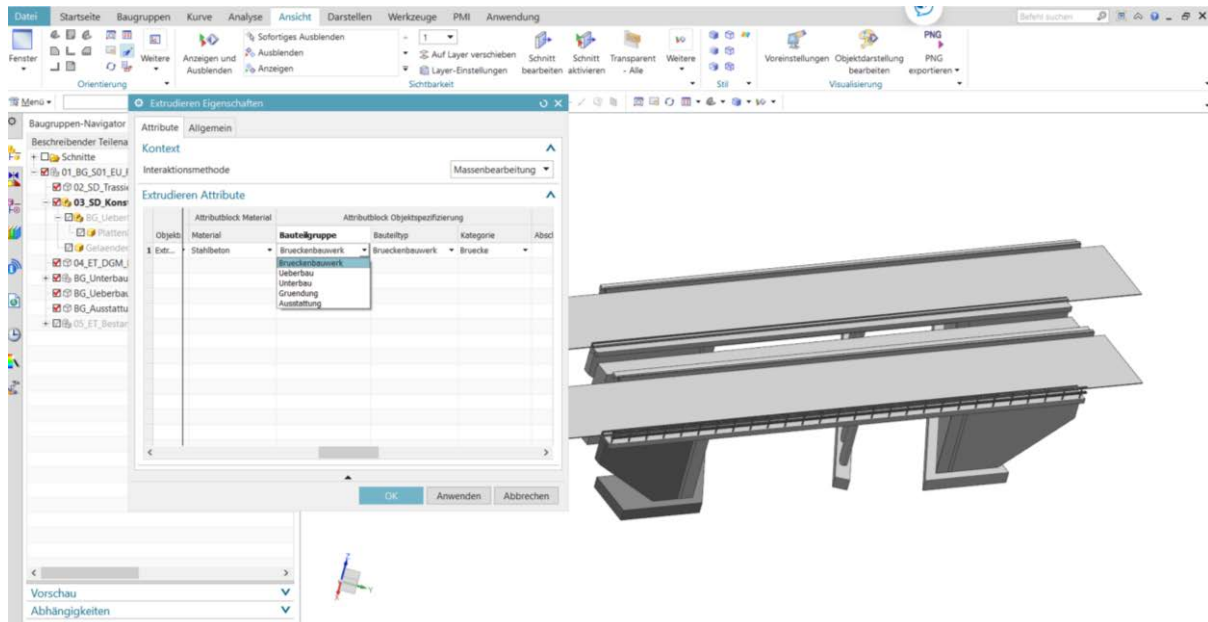


Abbildung 57 Attribuierung in Siemens NX 11.0

Bei der Attribuierung (siehe Abbildung 57) werden die Bauteiltypen mit den Attributen angereichert, die in der Liste dementsprechend markiert wurden. Der ausgegebene Bericht der

Datenbank dient als Hilfestellung für den Anwender bei der Modellierung und kann im BAP für die Definition der Modellinhalte hinterlegt werden.

Brückenbauwerk

Leistungsphase LPh 2	MDG 100	Bauteilgruppe	<Brückenbauwerk>
----------------------	---------	---------------	------------------

Beschreibung MDG: Koordinierungsmodell mit wesentlichen groben Bauwerksparametern (z.B. Flächen, Längen, Höhen, Breiten, Lage, Ortsbezug, Achsen)
 Ausarbeitung des Lösungskonzeptes für das Linienbauwerk einschließlich Ingenieurbauwerke in bis zu drei Varianten in Lage und Höhe; Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen; Variantenvergleich;
 Die Bearbeitung erfolgt im Regelfall auf Basis georeferenzierter Daten.

Anwendungsfälle:

AwF 2	3D-Modellerstellung, geometrisches Modell
AwF 3	Visualisierung
AwF 4	3D Variantenvergleich
AwF 5.1	3D Kollisionsprüfung
AwF 6	Planungskoordination, Koordination der Fachgewerke
AwF 7.3	Erstellung von 2D Plänen
AwF 7.4	Dokumentation Planungsänderung und Nachverfolgung
AwF 9.1	Mengen und Kostenermittlung
AwF 22	Erstellung eines BIM-Projektentwicklungsplans (BAP)

Attributblock Übergreifend

Status	<input checked="" type="checkbox"/>	Abschnitt	<input checked="" type="checkbox"/>	Zuordnung_TSI_Streckenklasse	<input checked="" type="checkbox"/>
Modellerstellung	<input checked="" type="checkbox"/>	Streckennummer	<input checked="" type="checkbox"/>	Zuordnung_TSI_Abschnittsheft	<input checked="" type="checkbox"/>
Lagesystem	<input checked="" type="checkbox"/>	Bauwerksnummer	<input checked="" type="checkbox"/>		
Hoehensystem	<input checked="" type="checkbox"/>	Stationierung_KilometerVon	<input checked="" type="checkbox"/>		
Kosten Gruppennummer	<input checked="" type="checkbox"/>	Stationierung_KilometerBis	<input checked="" type="checkbox"/>		

Attributblock Ingenieurbau

Typ	<input checked="" type="checkbox"/>	Brückenfläche	<input checked="" type="checkbox"/>	Lichte_Weite	<input checked="" type="checkbox"/>
Bauweise	<input checked="" type="checkbox"/>	Kreuzungskilometer	<input checked="" type="checkbox"/>	Einzelstützweiten	<input checked="" type="checkbox"/>
Bauform/Ausführung	<input checked="" type="checkbox"/>	Kreuzungswinkel	<input checked="" type="checkbox"/>	Länge_zwischen_Endauflagern	<input checked="" type="checkbox"/>
Bauart	<input checked="" type="checkbox"/>	Lichte_Höhe	<input checked="" type="checkbox"/>	Breite_zwischen_Geländern	<input checked="" type="checkbox"/>

Abbildung 58 Beispiel Bericht mit Attributen für LPh2

Darauf basierend kann der Anwender einen Überblick über die zu vergebenen Attribute gewinnen und diese im Modell anreichern.

Auf die Attribuierung folgend, kann das Modell als JT-Datenformat (Jupiter Tessellation) exportiert werden. Die IFC-Datei wird mit Hilfe eines JT-IFC-Translators, entwickelt von Siemens, generiert und bildet anschließend die Grundlage für darauffolgende Prozessschritte (z.B. Weitergabe für die Mengen- und Kostenermittlung).

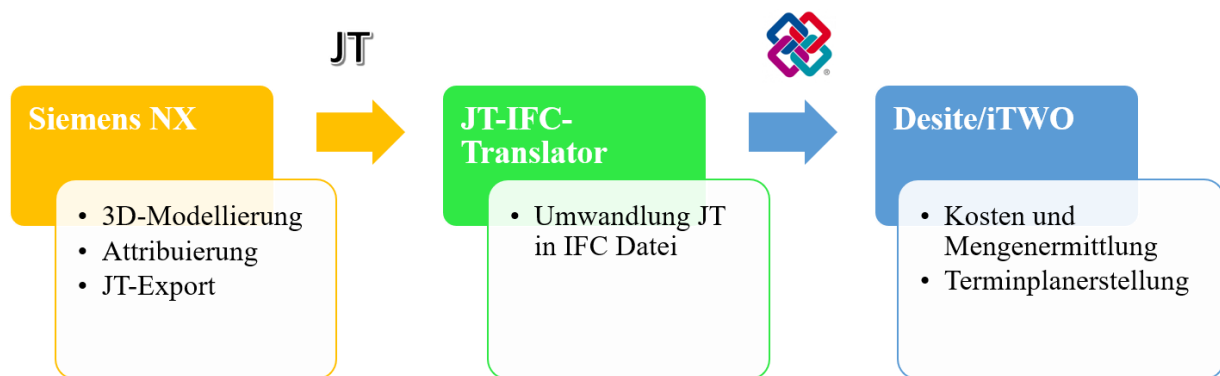


Abbildung 59 Workflow JT-IFC-Translator

Bei der Umwandlung vom JT in das IFC-Format werden sowohl die Geometrie als auch die Semantik hinter den jeweiligen Bauteilen mitübergeben. Der ursprüngliche Weg zunächst das Modell in Siemens NX zu modellieren und als reinen Volumenkörper an AutoCAD Architecture zu übergeben, um diesen dort mit Attributen anzureichern und anschließend als IFC-Datei zu exportieren, ist dadurch zukünftig obsolet.

7.3. Übergabe des Modells an Desite MD

Mit der Erstellung der IFC-Datei kann das Brückenbauwerk an die Software Desite MD übergeben werden.

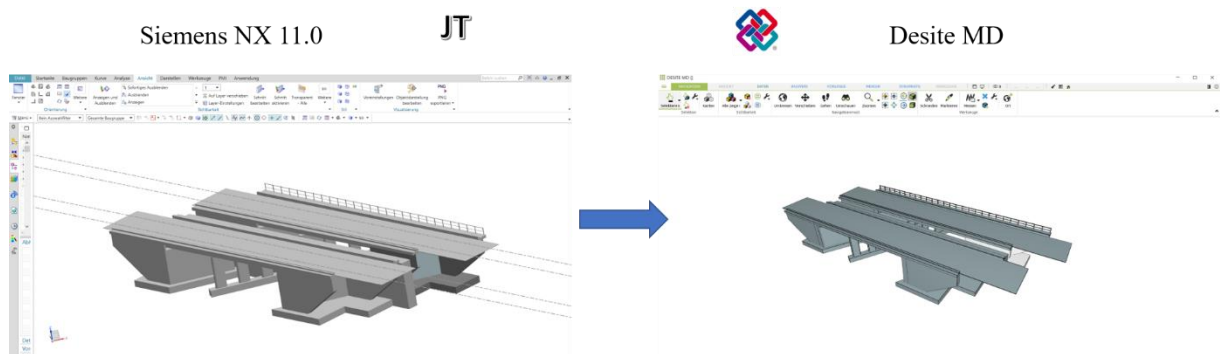


Abbildung 60 Übergabe Modell Siemens NX 11.0 nach Desite MD

Als Bezugsgröße für die Kostenschätzung wird für Brückenbauwerke die Brückenfläche herangezogen. Diese setzt sich aus dem Produkt zwischen der Spannweite zwischen den Endauflagern (hier: Länge zwischen Endauflagern) sowie der Breite zwischen den Innenkanten der Geländer (hier: Breite zwischen Geländern) zusammen (Naumann et al. o.J.). Die genannten Größen wurden bei der Attribuierung im Modell hinterlegt und stehen für die Kostenschätzung in Desite MD zu Verfügung.

Attributblock Ingenieurbau		
2	: AEC_WEIGHT	0,0278 xs:double
3	: Bauteilgruppe	Brueckenbauwerk xs:string
4	: Bauteiltyp	Brueckenbauwerk xs:string
5	: Breite zwischen Geländern	23,7700 xs:double
6	: Brueckenflaeche	570,4800 xs:double
7	: CAD_Source	NOX xs:string
8	: CAD_PARTNAME	Praxisbeispiel_MA xs:string
9	: Kategorie	Bruecke xs:string
10	: Laenge zwischen Endauflagern	24,0000 xs:double

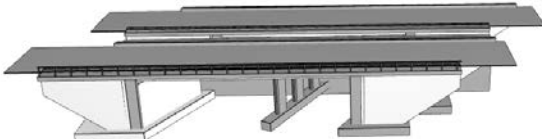


Abbildung 61 3D-Brückenmodell sowie dessen Inhalt in Desite MD

Nach dem Import des Brückenmodells wird dieses mit einem Leistungsverzeichnis (LV) verknüpft, welches die Basis für weitere Mengen- sowie Kostenermittlungen bildet. Mit regelbasierten Verknüpfungen können diese nach einer Modellaktualisierung teilautomatisiert durchgeführt werden. Basierend auf den Mengen und der Hinterlegung der Einheitspreise aus dem Kostenkennwertkatalog kann die Kostenschätzung erfolgen. Nach der Hinterlegung des Modells im LV erfolgt mit Hilfe Mengenangaben sowie der Einheitspreise aus dem Kostenkennwertkatalogs die Kostenschätzung. Diese errechnet sich für Massivbrücken aus dem Produkt zwischen der Brückenfläche und dem Einheitspreis pro Quadratmeter Stahlbeton. (DB 2016)

Leistungsverzeichnis				
OZ	Name	Menge	Einheit	Einheitspreis
Praxisbeispiel_MA				
1	Überbau (» 1)	570,4800	m2	1.760,0000

Abbildung 62 LV mit verknüpfter Menge und Einheitspreis – Beispiel

8. Fazit und Ausblick

Die Einführung des Stufenplans und die kommende verpflichtende Durchführung von öffentlichen Infrastrukturprojekten mit Hilfe von BIM, zwingt die betreffenden Ingenieur- und Planungsbüros sich mit der Thematik und der Implementierung der Methode zu befassen. Die existierenden Standards und Richtlinien, die als Hilfestellung für die Anwendung, Durchführung sowie Implementierung der BIM-Methode dienen, sind überwiegend auf den Gebäudesektor ausgelegt (siehe BIM-Leitfaden, VDI 2552). Die Nachforschungen zum Thema Bauteilklassifikationen zeigten im internationalen (OmniClass, Uniclass) sowie nationalen Kontext (z.B. DIN 276, AKVS, Kostenkennwertkatalog DB) einen starken Fokus auf den Hochbau. Ferner beziehen sie sich nur im geringen Ausmaß auf ausgewählte Infrastrukturbereiche oder auf spezielle Bereiche wie dem Kostenmanagement.

Weitere Recherchen zum Thema geometrische und semantische Detaillierungen von BIM-Modellen zeigten eine ähnliche Tendenz. Die Literaturquellen, die für die Zusammenstellung des Status quo in diesem Bereich herangezogen wurden, wie die LOD-Definitionen des BIMForums, Beschreibungen in Werk „BIM-Kompendium“ (Hausknecht und Liebich 2016), der Praxisleitfaden des VBI oder die Richtlinie VDI 2552 geben detaillierte Beschreibungen für die geometrische und semantische Ausprägung eines Bauteils wider, jedoch werden diese oftmals anhand von Gebäudebeispielen aufgezeigt. Die fehlende Ausrichtung im Infrastrukturbereich und die gleichzeitig vorgeschriebene Anwendung von BIM ab 2020 in jenem, drängt zunehmend auf die Erstellung und Etablierung von Standards und Richtlinien für diesen Fachbereich. Mit der Gründung der ARGE BIM4INFRA wurden Pilotprojekte durchgeführt, um ebendiese fehlenden Grundlagen auf Basis von Praxiserfahrung zu erarbeiten.

Die Grundlage zur Entwicklung des Detaillierungskonzept bildet der LOD-Begriff. Die ambivalente Bedeutung des Akronyms LOD (Fertigstellungsgrad, Detaillierungsgrad, Level of Development oder Level of Detail) erschwert eine einheitliche Festlegung und Zuordnung. Mit den Definitionen vom BIMForum wird dahingehend ein einheitlicher Rahmen vorgegeben, ferner geht der Großteil der Anwender mit der Trennung zwischen geometrischen (LOG) und semantischen (LOI) Modellinhalt konform. Nichtsdestotrotz wird bei der Zuordnung von LOD zu den Leistungsphasen zwischen verschiedenen Unternehmen ein unterschiedlicher Ansatz verfolgt, dem mit der Einführung der Modelldetaillierungsgrade (MDG) entgegengewirkt werden soll. Das Problem der Adaptivität zu den Leistungsphasen kann damit gelöst werden, jedoch muss dessen ungeachtet zukünftig eine einheitliche Vorgabe zu den

Leistungsphasenzuordnungen vereinbart werden, die auch im internationalen Kontext Zustimmung findet.

Ausgehend von Detaillierungsgraden erfolgt die Zuordnung der Modellinhalte, die firmenbezogen ebenfalls in Art sowie Inhalt variiert und bezogen auf die Leistungsphasen oder den BIM-Anwendungsfällen durchgeführt werden kann. Eine Zuordnung zu einer Bezugsgröße schließt eine andere nicht aus. Es ist wichtig, dass eine einheitliche Zuweisung von Informationen beachtet wird. Zudem sollte der allgemeine Gedanke fokussiert werden, dass die BIM-Methode nicht die Änderung von geforderten Leistungen der HOAI vornimmt, sondern lediglich die Methode zur Erfüllung dieser abgeändert wird.

Die Detaillierungen der Geometrie und Semantik werden des Öfteren firmenspezifisch nach eigenem Ermessen oder projektspezifisch bestimmt, die gewissen Vorgaben (z.B. die des BIMForums) und Richtlinien (z.B. der ASB-ING) folgen, aber allumfassend noch nicht einheitlich umgesetzt werden. Ferner stellte sich bei den Recherchen für diese Arbeit heraus, dass neben einem Fokus auf den Hochbausektor ebenfalls bei der Definition von Detaillierungsgraden ein verstärktes Augenmerk auf die geometrische Ausprägung der Modelle gelegt wird. Mit Minis Arbeit, die in ihrem LOD Konzept die geometrische Detaillierung von Bauteilen ausführlich darstellt, kann diese Arbeit als Weiterführung oder Ergänzung mit alphanummerischen Informationen herangezogen werden. Zukünftig werden hier klare Vorgaben und Rahmenbedingungen gebraucht, die die geometrische sowie semantische Detaillierung gleichermaßen für den Infrastrukturbereich betrachtet. Vorgaben durch die öffentliche Hand als Vorbild, sollten als Orientierung dienen und dadurch eine gemeinsame Grundlage schaffen.

Die Daten der Objekt- und Attributenliste, die in Zusammenarbeit mit Fachplanern aus dem Brückenbereich OBERMEYER entstanden sind, wurden stets im Hintergrund mit der Frage in Verbindung gebracht, inwiefern welche Informationen sowie in welcher Tiefe sie benötigt werden. Mit dem Heranziehen von Quellen wie unter anderem einer Ausführungsplanung, einem Muster-Leistungsverzeichnis oder der ASB-ING wurden die Daten verglichen und zusammengetragen. Im Rahmen des kürzlich verabschiedeten IFC-Bridge Formats wurde dessen Strukturierung ebenfalls berücksichtigt und somit eine zukünftige Adaption des Konzepts an das Format ermöglicht. Trotzdem wurde für diese Arbeit in Zusammenarbeit mit Fachplanern zunächst ein Grundgerüst von Objekten und Attributen erstellt, welches mit der Zeit weiterentwickelt und verbessert werden kann. Zudem wurden im Zuge dieser Arbeit die Bauteilinformationen der ASB-ING bewusst nicht herangezogen, wie im Brückenkatalog der

Stadt Hamburg, da die Arbeit aus Sicht eines Planungsbüros betrachtet wurde, die die Informationsdichte und den -inhalt von der Erhaltung von Bestandsbauten, nicht als Grundlage für eine Brückenplanung sieht. Der zentrale Kern, der sich während der Erarbeitung herausstellte, ist dass die Zusammenstellung von Attributen von mehreren Faktoren und nicht nur von der gewählten Datenquelle abhängig ist. Bei dem Vergleich mit existierenden Konzepten, beispielweise dem Brückenkatalog der Stadt Hamburg, wurden verschiedenste Auffassungen, hinsichtlich zu hoher Informationsdichte, redundanter oder fehlender Informationen und der Nummerierung von Bauteilen thematisiert. Das Zusammentragen der Bauteilinformationen verdeutlichte die Tatsache, dass zum einen der Aufbau eines Konzepts mit einem Entwicklungsprozess sowie mit zunehmender Projekterfahrung einhergeht, welcher im Laufe der Zeit geändert und verbessert werden kann. Zum anderen wird klargestellt, dass ein Konzept nicht ausnahmslos und gänzlich auf alle Projekte angewendet werden kann. Projektspezifische Anforderungen sind nach wie vor Herausforderungen, die es zu berücksichtigen gilt. Die Grundlage für ein einheitliches Konzept sollte daher die Mindestanforderungen für Modellinhalte enthalten auf dessen Basis anschließend projektspezifische Informationen angereichert werden können. Dies wurde bei dem Zusammentragen der alphanummerischen Informationen im Zuge der Masterarbeit versucht zu erfüllen. Das Konzept wird durch Einsätze im Projekt weiterentwickelt und soll zukünftig mit Kostenkennwerten sowie zusätzlichen Auswahlmöglichkeiten, als Ergänzung zur einfachen Markierung, für einzelne Attribute erweitert werden.

Zusätzlich ging es im Rahmen dieser Masterarbeit um die Verwaltung und Strukturierung des Konzeptes in einer nutzerfreundlichen Umgebung. Dazu diente die MS Access Datenbank für die Datenverwaltung als alternatives Werkzeug zu BIMQ. Mit der einheitlichen Verwaltung und Strukturierung der Objekten- und Attributenliste in der Datenbank wurde eine prototypische Implementierung getestet, wodurch eine Reduzierung von Fehlern bei der Anreicherung von Modellinhalten möglich ist und ferner als eine Unterstützung zur Qualitätssicherung des Modells herangezogen werden kann. Für eine weitere Nutzung der Datenbank sind bereits zusätzliche Ideen hinsichtlich Funktionalitäten vorhanden. Demnach soll durch eine Zuordnung der Anwender zu unterschiedlichen Rollen einem Koordinator ermöglicht werden Bauteiltypen zu ändern oder hinzuzufügen. Ferner wäre die Hinterlegung von LOG, mit Hilfe von Bildern oder Beschreibungen eine zusätzliche Hilfestellung für den Anwender. An der zusätzlichen Funktion den Objekten- und Attributenkatalog als XML-Datei direkt aus der Datenbank zu generieren, wird gegenwärtig gearbeitet. Eine Weiterentwicklung

der Datenbank macht es zudem zukünftig unumgänglich diese webbasiert zu verwalten und auszuführen, um auch einen Online-Zugriff sowie eine flexible Nutzung zu ermöglichen.

Mit der Bearbeitung des Beispielsprojekts wurde das Ziel verfolgt, das Konzept hinsichtlich der Durchführung und Anwendung auf die Praxistauglichkeit, speziell in Siemens NX zu testen. Eine Attribuierung, basierend auf der Ausgabe der Datenbank und eine Datenübergabe des 3D-Brückenmodell als IFC-Datei in der Software wird erst kürzlich angewendet. Die Attribuierung auf Basis der erarbeiteten Objekten- und Attributenliste sowie die Generierung einer IFC-Datei für die Übergabe an weitere Prozessschritte standen im Rahmen dieser Masterarbeit im Fokus.

Letztlich ist herauszustellen, dass das Ziel dieser Masterarbeit war, ein Detaillierungskonzept für die BIM-basierte Modellierung von Massivbrücken zu entwickeln. Die herausgestellten Ergebnisse sowie das entwickelte Konzept sind nicht als vollständige Lösungen zu sehen und müssen immer nach Ermessen eines Projekts angepasst und im Laufe der Erfahrung erweitert und verbessert werden. Ferner soll das Konzept die erforderlichen Rahmenbedingungen legen, die als Basis für weitere Entwicklungen dienen.

Zusammengefasst kann gefolgert werden, dass sich in Deutschland im Bereich der Infrastruktur durch den Stufenplan und der Arbeitsgemeinschaft BIM4INFRA in der letzten Zeit einige Entwicklungen ergeben haben. Die Erweiterungen des IFC-Formats für den Infrastrukturbereich und die kürzliche Verabschiedung des IFC-Bridge Formats als offizielle Erweiterung, legen eine erste Basis und zeigen einen erfolgreichen Fortschritt für den Bereich, der zukünftig weiterverfolgt werden muss.

Die Entwicklung des Detaillierungskonzeptes und die damit einhergehenden Recherchen zu diesem Thema stellten heraus, dass zu den Modelldetaillierungsgraden eine relativ einheitliche Meinung und Auffassung vertreten wird. Die Ausführung in der Praxis variiert jedoch des Öfteren, beispielsweise bei der Zuordnung der Detaillierungsgrade zu den Leistungsphasen oder Anwendungsfällen. Des Weiteren wird bei der Beschreibung der Detaillierungsgrade verstärkt von der geometrischen Ausprägung und Darstellung von Bauteilen gesprochen, bei dem der semantische Teil oftmals in den Hintergrund gerät. Dabei spielen die hinterlegten Informationen in einem BIM-Modell meist eine größere Rolle, weshalb die Arbeit einen etwas höheren Wert auf die alphanummerischen Informationen legt. Daher ist die Einführung von Standards und Vorgaben für eine einheitliche Implementierung, Strukturierung, Verwaltung und für den Austausch untereinander unabdingbar. Ferner ist der Fokus auf beide Teile einer Detaillierung, Geometrie und Semantik, gleichermaßen zu berücksichtigen.

Unabhängig von der Wahl einer Datenbank, die eine einheitliche Verwaltung und Strukturierung von Informationen gewährleisten kann, sei es eine firmeninterne oder externe wie BIMQ, ist die Nutzung einer solchen für die Durchführung eines BIM-Projekts zukünftig unumgänglich.

In Anbetracht des derzeitigen Status Quo hat sich gezeigt, dass die BIM-Methode und deren Standards durchaus fortgeschritten sind, auf der anderen Seite aber ebenfalls Defizite vorhanden sind, die es zu beheben gilt. Sind diese gegeben, kann ein flächendeckender und effizienter Einsatz von BIM ermöglicht werden.

A. Anhang

Die folgenden Seiten enthalten die Ausschnitte zu den Objekt- und Attributenlisten sowie die Anwendungsfälle der Firma OBERMEYER Planen und Beraten

- Anwendungsfälle OBERMEYER Planen und Beraten
- Objekte und Attribute für die Leistungsphase zwei
- Objekte und Attribute für die Leistungsphase drei

Zudem beinhaltet der beigelegte USB-Stick folgende Anhänge:

- Vorliegende Arbeit als Word- und PDF-Datei
- Exceltabelle mit den Objekten und Attributen für die Leistungsphasen 2, 3 und 5
- Siemens NX:
 - o Brückenmodell des Praxisbeispiels als .prt- und IFC-Datei
 - o Musterbrücke mit den Bauteiltypen für die Definition von LOG (.prt-Datei)
 - o Zusätzlich ausgewählte Bauteile für die Definition von LOG
- PDF-Datei der zugehörigen Pläne für das Praxisbeispiel und Musterbrücke
- Betrachtetes Musterleistungsverzeichnis bei der Erstellung der Objekt- und Attributliste
- MS Access Datenbank mit den erarbeiteten Objekten und Attributen
- Attributenkatalog als XML-File der Leistungsphasen 2 und 3

B. Anwendungsfälle OBERMEYER Planen und Beraten

Anwendungsfall 1: 3D-Bestandsmodellierung

Zuordnung	Leistungsphase gemäß HOAI: <table border="1" data-bbox="466 472 1315 616"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	X								
1	2	3	4	5	6	7	8	9											
X																			
Definition	Das Bestandsmodell stellt den Status-Quo des Projektgebietes dar und kann aus mehreren gewerkspezifischen Fachmodellen bestehen. Um diese zu Sichten und ggf. in weiteren Arbeitsschritten weiterverwenden zu können, ist der generelle Umgang, d.h. Öffnen und Sichten gängiger BIM-Modell-Datenformate (z.B. ifc, .rvt) und bei Bedarf die Erstellung eines BIM-Bestandmodells nötig.																		
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Schneller Gesamtüberblick über den Status-Quo des Projektes - Weiterverwendung schon vorhandener BIM-Modell Bestandteile - Reduzierung von Risiken durch Festlegung des Projektkontextes in der Planungsphase - Erkennen von Zusammenhängen zwischen Bestand und Neubau und ggf. Weiterverwendung von Daten - Verbesserte Kommunikation mit dem Auftraggeber und somit Unterstützung des Entscheidungsprozesses im Projektverlauf 																		

Anwendungsfall 2: 3D-Modellerstellung, Geometrisches Modell

Zuordnung	<p>Leistungsphase gemäß HOAI:</p> <table border="1" data-bbox="466 353 1313 501"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9		X	X	X	X	X	X	X	
1	2	3	4	5	6	7	8	9											
	X	X	X	X	X	X	X												
Definition	<p>Das 3D Modell bildet das virtuelle Abbild des zu errichtenden Bauwerks und dient als zentrales Binde-glied aller BIM-Prozesse. Alle geometrischen als auch beschreibenden Eigenschaften sollen im 3D Modell verwaltet und zur Verfügung gestellt werden.</p> <p>Das geometrische BIM-Modell ist in der mit dem Auftraggeber abgestimmten Software zu erstellen. Die Unterteilung des Koordinationsmodells in einzelne Fachmodelle und weitere Festlegungen bzgl. Modellierung sollten vorher im BIM-Abwicklungsplan (BAP) (siehe AWF: 22) festgelegt und nachgelesen werden.</p>																		
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - 3D-Modell ermöglicht eine realitätsnahe Planung eines Bauwerkes - Planungsfehler werden früher greifbar 																		

Anwendungsfall 3: Visualisierung

Zuordnung	Leistungsphase gemäß HOAI: <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td> </tr> <tr> <td></td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td>X</td><td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9		X	X	X	X			X	
1	2	3	4	5	6	7	8	9											
	X	X	X	X			X												
Definition	Visualisierung der BIM-Modelle als Besprechungsgrundlage bzgl. Planung und Ausführung des Bauwerks sowie für die Öffentlichkeitsarbeit.																		
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Schneller und verständlicher Gesamtüberblick zur Darstellung komplexer Zusammenhänge - Vereinfachung der Entscheidungsfindung - Erhöhung der öffentlichen Akzeptanz durch transparente und verständliche Kommunikation des Bauvorhabens 																		

Anwendungsfall 4: 3D-Variantenvergleich

Zuordnung	Leistungsphase gemäß HOAI: <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td> </tr> <tr> <td></td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9		X							
1	2	3	4	5	6	7	8	9											
	X																		
Definition	Auf Grundlage des Bestandsmodells und in Leistungsphase 2 erstellten Fachmodellen werden verschiedene Planungsvarianten hinsichtlich Kosten, Terminen, baulicher Qualität sowie umweltrechtlicher Belange bewertet.																		
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Effiziente Bewertung von Planungsvarianten - Verbesserte Entscheidungsgrundlage für Auftraggeber - Aussagekräftiger Ableitung von Planungsvarianten besonders im Hinblick auf Mengen und Kosten 																		

Anwendungsfall 5.1: 3D-Kollisionsprüfung

Zuordnung	Leistungsphase gemäß HOAI: <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td> </tr> <tr> <td></td><td>X</td><td>X</td><td></td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9		X	X		X				
1	2	3	4	5	6	7	8	9											
	X	X		X															
Definition	Zur Identifizierung von Planungs- oder Modellierungsfehlern können Fachmodelle in einer gemeinsamen Datenumgebung zusammengeführt werden und auf Kollisionen geprüft werden.																		
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Steigerung der Planungsqualität - Feststellung von Planungs- oder Modellierungsfehler vor Projektübergabe und Baubeginn - Folglich Reduktion von Kosten- und Terminrisiken sowie Bauaufwand durch frühzeitige Konfliktbehebung 																		

Anwendungsfall 5.2: Automatisierte Prüfung Geometrie und Semantik

Zuordnung	Leistungsphase gemäß HOAI: <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td> </tr> <tr> <td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	X	X	X	X	X	X			
1	2	3	4	5	6	7	8	9											
X	X	X	X	X	X														
Definition	Definition von projektunabhängigen und übergeordneten sowie projektspezifischen Anforderungen an das BIM-Modell zur fachlichen und automatisierten Prüfung. Eine Definition von Behebungsprozessen nach der Detektion von Konflikten unterstützt die Qualitätssicherung (QS).																		
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Verbesserte Qualitätssicherung durch klar definierte Anforderungen und Kriterien - Steigerung der Planungsqualität - Senkung von Kosten- und Terminrisiken - Senkung des Aufwandes des Gesamtbauvorhabens 																		

Anwendungsfall 5.3: Fachliche, inhaltliche Qualitätssicherung im Modell, regelbasiert

Zuordnung	Leistungsphase gemäß HOAI: <table border="1" data-bbox="466 353 1313 501"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9		X	X	X	X	X			
1	2	3	4	5	6	7	8	9											
	X	X	X	X	X														
Definition	Die regelbasierte fachliche und inhaltliche Qualitätssicherung dient der (teil-) automatisierten Prüfung des Modells auf Richtlinien- und Normenkonformität (sonstige Verordnungen, Gesetze sind eingeschlossen)																		
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Verbesserte Qualitätssicherung durch klar definierte Anforderungen und Kriterien - Steigerung der Planungsqualität - Senkung von Kosten- und Terminrisiken des zu planenden Bauwerks - Effizienzsteigerung der erforderlichen Qualitätssicherung 																		

Anwendungsfall 6: Planungscoordination, Koordination der Fachgewerke

Zuordnung	<p>Leistungsphase gemäß HOAI:</p> <table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9		X	X		X				
1	2	3	4	5	6	7	8	9											
	X	X		X															
Definition	<p>Regelmäßige Zusammenführung und anschließende Kollisionsprüfung der gewerkspezifischen Fachmodelle in einem Gesamtmodell (Koordinationsmodells). An die durch festgelegte Prüfregeln automatisierte Detektion von Kollisionen erfolgen ggf. die Prüfung weiterer Kriterien sowie die systematische Konfliktbehebung.</p>																		
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Verbesserung der Konfliktbehebung im Planungsprozess durch Koordination der Fachgewerke - Steigerung der Planungsqualität - Senkung von Kosten- und Terminrisiken - Senkung des Aufwandes des Gesamtbauvorhabens 																		

Anwendungsfall 7.1: Erstellung von Raumbüchern aus 3D Modell

Zuordnung	<p>Leistungsphase gemäß HOAI:</p> <table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9		X	X		X				
1	2	3	4	5	6	7	8	9											
	X	X		X															
Definition	<p>Ableitung eines Raumbuches aus dem BIM-Modell auf Basis der bereits bestehenden Beziehungen von Bauteilen und deren Mengen und Eigenschaften.</p>																		
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Schnellere und genauere Ableitung von Raumbüchern durch die schon bestehende Beziehungsstrukturen im Modell - Senkung von Kosten 																		

Anwendungsfall 7.3: Erstellung von 2D-Plänen

Zuordnung	Leistungsphase gemäß HOAI: <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td> </tr> <tr> <td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td>X</td><td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	X	X	X	X	X	X		X	
1	2	3	4	5	6	7	8	9											
X	X	X	X	X	X		X												
Definition	Ableitung der wesentlichen Teile der Planung als 2D-Plan aus dem 3D BIM-Modell																		
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - 2D-Pläne aus dem bestehenden 3D-Modell ableiten - Geringere Fehleranfälligkeit durch die direkte Ableitung aus dem 3D-Modell - Folglich Reduktion von Kosten durch Zeitersparnis 																		

Anwendungsfall 7.4: Dokumentation Planungsänderungen und Nachverfolgung

Zuordnung	Leistungsphase gemäß HOAI: <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td> </tr> <tr> <td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	X	X	X	X	X	X	X	X	
1	2	3	4	5	6	7	8	9											
X	X	X	X	X	X	X	X												
Definition	Nutzung des BIM-Modells zur Dokumentation und Nachverfolgung von Planungsänderungen während der Bauausführung. Zusätzlich soll die Auffindbarkeit, Nachverfolgung und ggf. die Freigabe von Projektänderungen aufgrund von Planungsänderungen unterstützt werden.																		
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Transparenz durch verfolgbare Dokumentation von Projektänderungen - Sicherstellung der Umsetzung von Änderungen durch verbesserte Kommunikation aller Projektbeteiligter - Vermeidung von Mehrfach-Bearbeitungen einzelner Themen 																		

Anwendungsfall 8: Bemessung und Nachweisführung

Zuordnung	<p>Leistungsphase gemäß HOAI:</p> <table border="1" data-bbox="466 353 1311 501"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9			X	X	X				
1	2	3	4	5	6	7	8	9											
		X	X	X															
Definition	<p>Bemessung und Nachweisführung v.a. in Hinblick auf Baustatik auf Grundlage des BIM-Modells. Dies beinhaltet ebenso u.a. Überflutungs- und Emissionssimulationen.</p>																		
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Erhöhte Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse durch strukturierte Informationsaufbereitung - Steigerung der Aussagekraft und Qualität der Planungsunterlagen - Geringerer Aufwand für die Eingabe geometrischer Randbedingungen bei durchgängiger Nutzung der BIM-Modelle 																		

Anwendungsfall 9.1: Mengen und Kostenermittlung

Zuordnung	<p>Leistungsphase gemäß HOAI:</p> <table border="1" data-bbox="466 353 1311 501"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9		X	X		X				
1	2	3	4	5	6	7	8	9											
	X	X		X															
Definition	<p>Strukturierte und Bauteilbezogene Mengenermittlung (Volumen, Flächen, Längen, Stückzahlen) anhand des BIM-Modells. Darauf aufbauend erfolgt die Kostenschätzung und Kostenberechnung nach üblichen Kostengliederungen (DIN 276-4, VV-WSV 2107 etc.).</p>																		
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Transparenz der Kostenschätzung und -berechnung - Erhöhte Kostensicherheit - Prüfbarkeit der Ergebnisse - Reduktion des Aufwandes für Kostenschätzung und -berechnung v.a. bzgl. Planungsänderungen - Weiterverwendung für andere Anwendungsfälle (z.B. Terminplanung) 																		

Anwendungsfall 9.2: 5D-Modellerstellung, Darstellung des Kostenverlaufs

Zuordnung	Leistungsphase gemäß HOAI: <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td>X</td><td>X</td><td></td><td>X</td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9			X	X		X			
1	2	3	4	5	6	7	8	9											
		X	X		X														
Definition	Strukturierte und Bauteilbezogenen Mengenermittlung (Volumen, Flächen, Längen, Stückzahlen) anhand des BIM-Modells. Darauf aufbauend erfolgt die Kostenschätzung und Kostenberechnung nach üblichen Kostengliederungen (DIN 276-4, VV-WSV 2107 etc.) und die Verknüpfung mit einem Terminplan (Bauablaufplan) zur Visualisierung des Kostenverlaufs.																		
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Transparenz der Kostenschätzung und -berechnung - Prüfbarkeit der Ergebnisse - Reduktion des Aufwandes für Kostenschätzung und -berechnung v.a. bzgl. Planungsänderungen - Weiterverwendung der Ergebnisse für andere Anwendungsfälle, z.B. Terminplanung, LV-Erstellung 																		

Anwendungsfall 10: Teilautomatisierte LV-Erstellung

Zuordnung	Leistungsphase gemäß HOAI: <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9						X			
1	2	3	4	5	6	7	8	9											
					X														
Definition	Teilautomatisierte Auswertung des Modells und Ableitung von LV-Positionen nach Vorgaben des Auftraggebers.																		
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Reduktion des Aufwandes und somit Zeitersparnis für Mengen- und Kostenermittlungen v.a. bzgl. Planungsänderungen 																		

Anwendungsfall 11: 4D-Modellerstellung

Zuordnung	<p>Leistungsphase gemäß HOAI:</p> <table border="1" data-bbox="466 353 1311 501"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9		X	X	X	X			X	
1	2	3	4	5	6	7	8	9											
	X	X	X	X			X												
Definition	<p>Beschreibung des Bauablaufs durch Verknüpfung der Terminplanung mit den damit verbundenen Modellelementen bzw. Ableitung des Terminplans aus Logik zum Bauablauf, notwendigen Aufwänden und zur Verfügung stehenden Ressourcen.</p>																		
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Erhöhte Terminalsicherheit durch Identifikation von Lücken und Unregelmäßigkeiten der Terminplanung - Verbesserte Kommunikation aller Beteiligten insbesondere mit dem Auftraggeber und der Öffentlichkeit durch Bauablaufsimulation - Simulation und Analysen des geplanten Bauablaufs anhand des integrierten Modells sind möglich - Entscheidungen zum möglichen Bauablauf werden anhand einer fundierten Datengrundlage getroffen - Zeitabhängige Kollisionsprüfung möglich (auch von Bauprovisorien) → gezieltere Bauphasenplanung - Teilautomatisierte Bauablaufplanung möglich (Aufwands- & Ressourcen notwendig) 																		

Anwendungsfall 12: Bauphasen und Logistikplanung

Zuordnung	Leistungsphase gemäß HOAI: <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td>X</td><td></td><td>X</td><td></td><td></td><td>X</td><td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9			X		X			X	
1	2	3	4	5	6	7	8	9											
		X		X			X												
Definition	Unterstützung der Planung und Kommunikation von Bau- und Logistikabläufen (Baustelleneinrichtung, Baustelleninfrastruktur, Verkehrsphasen, Verkehrsführung) auf Basis von 4D-Modellen.																		
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Bessere Entscheidungsgrundlage durch Einsatz grafischer Komponenten - Frühzeitige Identifikation von Konflikten bzgl. Bauphasen und Logistik (Terminfehler, Platzmangel, beschränkte Anfahrtswege) durch Datenanalyse 																		

Anwendungsfall 13: Integration, Freigabe, Montage und Werkplanung

Zuordnung	Leistungsphase gemäß HOAI: <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td><td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9								X	
1	2	3	4	5	6	7	8	9											
							X												
Definition	Nutzung des Modells zur Dokumentation, Nachverfolgung Planungsänderungen während der Bauausführung.																		
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Durchgängige Nachverfolgung und Dokumentation von Projektänderungen - Ursachen und (ggf. finanzielle) Auswirkungen von Änderungen werden festgehalten - Vermeidung doppelter Bearbeitungen durch bessere Kommunikation 																		

Anwendungsfall 14: Abnahme und Mängelmanagement

Zuordnung	Leistungsphase gemäß HOAI: <table border="1" data-bbox="466 353 1313 501"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9								X	X
1	2	3	4	5	6	7	8	9											
							X	X											
Definition	Nutzung des Modells zur Verortung und Dokumentation von Ausführungsmängeln und deren Behebung sowie zu klärender Punkte.																		
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Reduzierter Verwaltungsaufwand für Auftragnehmer durch workfloworientierte Form der - Mängelerfassung - Beschleunigte Prozesse für Auftragnehmer bei Verknüpfung mit weiteren - Bearbeitungsschritten (Informationsversand an beteiligte Unternehmen etc.) - Verbesserte Qualitätssicherung aus Sicht des Auftraggebers durch vereinfachte Verortung, - Auswertung und Bearbeitungskontrolle vorhandener Mängel 																		

Anwendungsfall 15: Baufortschrittskontrolle (Soll-Ist) anhand des 4D-Modells

Zuordnung	Leistungsphase gemäß HOAI: <table border="1" data-bbox="466 353 1313 501"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9								X	
1	2	3	4	5	6	7	8	9											
							X												
Definition	Nutzung des Modells für die terminliche Baufortschrittskontrolle als Grundlage des Projekt-Controllings.																		
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Objektive Dokumentation des Baufortschritts anhand der vereinbarten Modellinhalte - Schnelle Identifikation von Bereichen mit unzureichender Leistung - Reduzierung von Terminüberschreitungen durch frühzeitige Entscheidung über Gegenmaßnahmen 																		

Anwendungsfall 16: Stichtagsgenaue Earned-Value Betrachtung anhand des 5D-Modells

Zuordnung	<p>Leistungsphase gemäß HOAI:</p> <table border="1" data-bbox="466 353 1313 501"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9								X	
1	2	3	4	5	6	7	8	9											
							X												
Definition	<p>Nutzung des Modells für eine kontinuierliche Kontrolle und Steuerung des aktuellen Kostenverlaufs gegenüber dem geplanten Kostenverlauf als Grundlage des Projekt-Controllings</p>																		
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Objektive Dokumentation des Baufortschritts anhand der vereinbarten Modellinhalte - Erfassung des Ist-Zustands und Fortschrittskontrolle direkt anhand eines integrierten Modells - Schnelle Identifikation von Kostenüberschreitungen - Vorausschauende modellbasierte Projektsteuerung möglich - Reduzierung von Kostenüberschreitung durch frühzeitiges Erkennen und mögliche Einleitung von Gegenmaßnahmen 																		

Anwendungsfall 17: Modellbasierte Bauabrechnung

Zuordnung	Leistungsphase gemäß HOAI: <table border="1" data-bbox="466 353 1313 501"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9								X	
1	2	3	4	5	6	7	8	9											
							X												
Definition	Ausgabe der Mengen und Kosten der fertiggestellten Objekte aus dem 5D-Modell als modellbasierte Rechnung. Durch die Pflege der 5D-Modelle im Ist-Zustand anhand der Leistungswerte der Baustelle können modellbasiert die ausgeführten Gewerke mit den zugehörigen Mengen und Einheitspreisen des Auftrags-LV ausgegeben und für eine teilautomatisierte Rechnungsstellung verwendet werden.																		
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Stichtagsgenaue Ausgabe der fertiggestellten Objekte aus dem 5D-Modell - Teilautomatisierte Bauabrechnung - Bessere Nachvollziehbarkeit und Prüfung der erstellten Rechnungen - Regelmäßige und zyklische Kontrolle - Reduzierung der Kosten (für Aufmaß- und Rechnungserstellung sowie Rechnungsprüfung) 																		

Anwendungsfall 22: Erstellung eines BIM-Projektentwicklungsplans (BAP)

Zuordnung	<p>Leistungsphase gemäß HOAI:</p> <table border="1" data-bbox="466 353 1311 501"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	X	X	X	X	X				
1	2	3	4	5	6	7	8	9											
X	X	X	X	X															
Definition	<p>Der BIM-Abwicklungsplan (im Folgenden: BAP) ist ein Richtliniendokument, welches die Grundlagen einer BIM-basierten Zusammenarbeit definiert. Er legt die organisatorischen Strukturen und die Verantwortlichkeiten fest, stellt den Rahmen für die BIM-Leistungen und definiert die Prozesse und Anforderungen an die Kollaboration der einzelnen Beteiligten. Dazu zählen u.a. die Erstellung der Planung, Kontrolle der Planungsrevision, 3D Koordination, Qualitätskontrolle, Anreicherung der Planungsmodelle mit zusätzlichen Informationen und die Automatisierung von Arbeitsabläufen.</p>																		
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Klare Definition der Aufgabenstellung - Transparenz intern und extern - Kommunikations- und Arbeitsgrundlage - Reduzierung der Risiken durch klare Festlegung des Projektablaufs, der Umsetzung und des Ergebnisses 																		

Anwendungsfall 23: BIM basierter Gesamtplanungsprozess inkl. Prüfung der digitalen Eingangsdaten und der vertragliche geschuldeten Lieferleistungen

Zuordnung	Leistungsphase gemäß HOAI: <table border="1" data-bbox="464 409 1313 555"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	X	X	X	X	X				
1	2	3	4	5	6	7	8	9											
X	X	X	X	X															
Definition	Strukturierte Durchführung von Prozessen, u.a. zur Prüfung und anschließende Freigabe von Eingangsdaten und Lieferobjekten auf Basis von BIM-Modellen.																		
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Transparenz durch nachverfolgbare Anmerkungen im BIM-Modell oder auf 2D-Plänen - Verbesserte Kommunikation und Verständlichkeit durch einheitlichen Informationsfluss, z.B. über das BIM Collaboration Format (BCF) - Reduzierter Aufwand durch automatisierte Informations- und Modellübergabe 																		

Anwendungsfall 24: Einheitliche Arbeits- und Informationsplattform

Zuordnung	Leistungsphase gemäß HOAI: <table border="1" data-bbox="466 353 1313 501"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1	2	3	4	5	6	7	8	9											
X	X	X	X	X	X	X	X	X											
Definition	Es wird eine CDE für die Nutzung durch alle Projektbeteiligten zur Verfügung gestellt. Es dient dem zentralen Datenaustausch und der Zusammenführung der Teilmodelle.																		
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Konsistente und aktuelle Datenmodelle, Nachvollziehbarkeit der Änderungen und Fortschreibungen bei allen Projektbeteiligten - Einbindung aller Subunternehmer und fremden Fachplaner, hoher Nachvollziehbarkeitsgrad → hohe finanzielle Vorteile - Weiterhin wird ein Mehrwert in anderen erwartet, wie z.B. Schriftverkehr, Bauüberwachung etc. 																		

C. Anhang Objekten- und Attributliste

Leistungsphase	Attributblock Objektspezifizierung			Attributblock Geometrie					Attributblock Material	Attributblock Ingenieurbau										Attributblock Übergreifend					Sonstige Attribute															
	Kategorie	Bauteilgruppe	Bauteiltyp	Länge	Breite	Höhe	Fläche	Volumen	Durchmesser	Material	Typ	Bauweise	Bauform/Ausführung	Bauart	Brückenfläche	Kreuzungskilometer	Kreuzungswinkel	Lichte_Höhe	Lichte_Weite	Einzelstützweiten	Länge_zwischen_Endauflagern	Breite_zwischen_Geländern	MDG	Status	Modellerstellung	Lagesystem	Hoehensystem	Kosten_Gruppennummer	Abschnitt	Streckennummer	Stationierung_KilometerVon	Stationierung_KilometerBis	Zuordnung_TSI_Streckenklasse	Zuordnung_TSI_Abschnittsheft	AA_Sonstiges_Eigentuemer	AA_Sonstiges_Art	AA_Sonstiges_Bemerkung	AA_Sonstiges_Bezeichnung	AA_Sonstiges_Merkmal	
LP 2	Brückenbauwerk	Brückenbauwerk	Brückenbauwerk							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LP 2		Überbau																																						
LP 2			Überbau	X	X	X		X		X													X																	
LP 2			Fahrbahnplatte	X	X	X		X		X													X																	
LP 2			Kragarm	X	X	X		X		X													X																	
LP 2		Unterbau																																						
LP 2			Pfeiler / Stütze	X	X	X		X	X	X													X																	
LP 2			Widerlagerwand	X	X	X		X		X													X																	
LP 2			Widerlagerflügel	X	X	X		X		X													X																	
LP 2			Kammerwand	X	X	X		X		X													X																	
LP 2			Auflagerbank	X	X	X		X		X													X																	
LP 2		Gründung									X												X																	
LP 2			Pfahlgründung	X	X	X		X	X	X													X																	
LP 2			Pfahlkopfplatte	X	X	X		X		X													X																	
LP 2		Ausstattung																					X																	
LP 2			Lager	X	X	X				X													X																	
LP 2			Kappe	X	X	X		X		X													X																	
LP 2			Kabeltrog	X	X	X		X		X													X																	
LP 2			Geländer	X		X				X													X																	

Abbildung 63 Objekten- und Attributenliste LPh2

Literaturverzeichnis

AEC3 (o.J.): BIMQ - die Plattform für das Informationsmanagement. Online verfügbar unter <https://www.bim-q.de/index.php?id=35#section33>, zuletzt geprüft am 17.03.2019.

ARGE BIM4INFRA2020: Steckbriefe der wichtigsten BIM-Anwendungsfälle. Handreichungen und Leitfäden - Teil 6. Hg. v. BMVI, zuletzt geprüft am 05.03.2019.

ARGE BIM4INFRA2020 (2017): Umsetzung des Stufenplans "Digitales Planen und Bauen". Hg. v. BMVI. Online verfügbar unter <https://bim4infra.de/>, zuletzt geprüft am 03.02.2019.

ARGE BIM4INFRA2020 (2018a): Umsetzung des Stufenplans "Digitales Planen und Bauen". AP 5: Konzept für Datenbanken. Hg. v. BMVI. Online verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/datenbankkonzept-bim.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 04.04.2019.

ARGE BIM4INFRA2020 (2018b): Umsetzung des Stufenplans „Digitales Planen und Bauen“. AP 1.2 "Szenariendefinition" AP 1.3 "Empfehlung". Hg. v. BMVI. Online verfügbar unter https://bim4infra.de/wp-content/uploads/2018/09/AP1.2-AP1.3_BIM4INFRA_Bericht-Stufenplan.pdf, zuletzt geprüft am 15.03.2019.

Barry McAuley, Alan Hore, Roger West (2017): BICP Global BIM Study - Lessons for Ireland's BIM Programme. Hg. v. Dublin Institute of Technology. Online verfügbar unter <https://arrow.dit.ie/cgi/viewcontent.cgi?referer=http://www.bicp.ie/bicp-global-bim-study/&httpsredir=1&article=1016&context=beschrecrep>, zuletzt geprüft am 02.02.2019.

BaSt (2018): Objektkatalog für das Straßen- und Verkehrswesen (OKSTRA). Hg. v. BMVI. Online verfügbar unter https://www.bast.de/BASSt_2017/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v2-okstra.html, zuletzt geprüft am 02.02.2019.

Bayerische Architektenkammer (2013a): Merkblatt 3-Erweiterter Grundleistungskatalog. In: HOAI.

Bayerische Architektenkammer (2013b): Merkblatt 6-Leistungskatalog. In: HOAI.

BIMForum (2018a): Level of Development (LOD) Specification Part I & Commentary. For Building Information Models and Data. Online verfügbar unter <https://bimforum.org/lof/>, zuletzt geprüft am 05.02.2019.

BIMForum (2018b): Level of Development Specification. Online verfügbar unter <https://bimforum.org/lof/>.

BMVI: Stufenplan Digitales Planen und Bauen. Hg. v. BMVI. Online verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/stufenplan-digitales-bauen.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 28.12.2018.

BMVI (2015): Anweisung zur Kostenermittlung und zur Veranschlagung von Straßenbaumaßnahmen. AKVS. Online verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/Strasse/akvs.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 15.04.2019.

BMVI (2016): Richtlinien für das Aufstellen von Bauwerksentwürfen für Ingenieurbauten. RAB-ING. Online verfügbar unter https://www.intelligentebruecke.de/BASSt_2017/DE/Ingenieurbau/Publikationen/Regelwerke/Entwurf/RAB-ING-Entwurf-1-5.pdf?__blob=publicationFile&v=8, zuletzt geprüft am 25.03.2019.

BMVI (2017a): Richtzeichnungen für den Ingenieurbau. RiZ-ING. Online verfügbar unter https://www.bast.de/BASSt_2017/DE/Ingenieurbau/Publikationen/Regelwerke/Entwurf/RiZ-ING-Gesamtfassung-Entwurf.pdf?__blob=publicationFile&v=8, zuletzt geprüft am 16.04.2019.

BMVI (2017b): Umsetzung des Stufenplans Digitales Planen und Bauen. Erster Fortschrittsbericht. Hg. v. BMVI. Online verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/bim-umsetzung-stufenplan-erster-fortschrittsbe.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 02.03.2019.

BMVI (Dezember 2017): Hinweise zu den RiZ-ING. Online verfügbar unter https://www.bast.de/BASSt_2017/DE/Ingenieurbau/Publikationen/Regelwerke/Entwurf/RiZ-ING-Hinweise-Entwurf.pdf?__blob=publicationFile&v=7, zuletzt geprüft am 16.04.2019.

Borrmann, André; König, Markus; Braun, Matthias; Elixmann, Robert; Eschenbruch, Klaus; Hausknecht, Kerstin et al. (2016): Wissenschaftliche Begleitung der BMVI Pilotprojekte zur Anwendung von Building Information Modeling im Infrastrukturbau. Zwischenbericht Wissenschaftliche Begleitung. Hg. v. BMVI. BMVI. Online verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Digitales/bim-zwischenbericht-forschungsbegleitung.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 15.03.2019.

Borrmann, André; König, Markus; Koch, Christian; Beetz, Jakob (Hg.) (2015): Building Information Modeling. Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. Wiesbaden:

Springer Vieweg (VDI-Buch). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-05606-3>.

Borrmann, André; König, Markus; Koch, Christian; Beetz, Jakob (Hg.) (2018): Building Information Modeling. Technology Foundations and Industry Practice. Cham: Springer International Publishing. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92862-3>.

bsi (2016): Classification. Hg. v. bim-level2. Online verfügbar unter <https://bim-level2.org/en/classification/>, zuletzt geprüft am 07.01.2019.

buildingSMART e. V. (o.J.): buildingSMART Germany. Online verfügbar unter <https://www.buildingsmart.de/>, zuletzt geprüft am 27.03.2019.

Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung: Anweisung Straßeninformationsbank Segment Bauwerksdaten. ASB-ING 2013. Online verfügbar unter https://www.bast.de/BASSt_2017/DE/Ingenieurbau/Publikationen/Regelwerke/Erhaltung/ASB-ING.html, zuletzt geprüft am 07.04.2019.

Castaing, Christophe; Borrmann, André; Chipman, Tim; Dumoulin, Claude; Hyvärinen, Juha; Liebich, Thomas et al. (2018a): IFC Bridge Fast Track Project. Report WP2: Conceptual Model. Unter Mitarbeit von Christophe Castaing, André Borrmann, Tim Chipman, Claude Dumoulin, Juha Hyvärinen, Thomas Liebich et al. Hg. v. buildingSMART.

Castaing, Christophe; Borrmann, André; et. al (2018b): IFC-Bridge Fast Track Project. Report WP1: Requirements analysis. Hg. v. buildingSMART Infra Room.

ceapoint aec technologies GmbH (o.J.): Desite MD/ Desite MD Pro. Hg. v. ceapoint aec technologies GmbH. Online verfügbar unter <https://www.ceapoint.com/desite-md-md-pro/>, zuletzt geprüft am 03.04.2019.

Chapman, Ian (2013): An introduction to Uniclass 2. Hg. v. NBS. Online verfügbar unter <https://www.thenbs.com/knowledge/an-introduction-to-uniclass-2>, zuletzt geprüft am 03.03.2019.

DB (2016): Regelwerk Bautechnik, Leit-. Signal- u. Telekommunikationstechnik (Ril 808). Kostenkennwertekatalog. Hg. v. Deutsche Bahn.

Delaney, Sarah (2015): Classification. Hg. v. NBS. Online verfügbar unter <https://toolkit.thenbs.com/articles/classification>, zuletzt aktualisiert am 08.02.2019, zuletzt geprüft am 08.02.2019.

Norm DIN 276:2018-12, Dezember 2018: DIN276 - Kosten im Bauwesen. Online verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/norm/din-276/293154016>, zuletzt geprüft am 02.04.2019.

Freie und Hansestadt Hamburg (2017a): Bauteilkatalog Brücken nach ASB-ING 2013. Hg. v. Freie und Hansestadt Hamburg.

Freie und Hansestadt Hamburg (2017b): Modellierungsrichtlinie für die Erstellung von 3D-Modellen. Hg. v. Freie und Hansestadt Hamburg.

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

Hyvärinen, Juha (2018): IFC Bridge Conceptual Model. Hg. v. buildingSMART. Online verfügbar unter http://ifcinfra.de/wp-content/uploads/2018/04/2018-04-16_04_ConceptualModelPresentation.pdf, zuletzt geprüft am 02.04.2019.

IFC-Bridge Project Team (2019): IFC-BRIDGE PROJECT STATUS OVERVIEW. Unter Mitarbeit von IFC-Bridge Project Team. Hg. v. BMVI. Online verfügbar unter http://ifcinfra.de/wp-content/uploads/2019/04/2019-03-26_IFC-Bridge_Overview_.pdf, zuletzt aktualisiert am 17.04.2019, zuletzt geprüft am 15.04.2019.

Liebich, Thomas (2017): IFC für Infrastruktur. Neues von IFC-Alignment, IFC-Rail, IFC-Road, IFC-Bridge und IFC-Tunnel. Hg. v. buildingSMART. Online verfügbar unter https://www.buildingsmart.de/kos/WNetz?art=File.download&id=6316&name=1C-1_Dr.+Thomas+Liebich+%28AEC3%29_IFC+f%C3%BCr+Infrastrukturplanung.pdf, zuletzt geprüft am 17.03.2019.

Liebich, Thomas (2018): Prüfbare Informationsanforderungen aufstellen und im Projekt umsetzen. Informationsmanagement mit BIMQ. Online verfügbar unter https://www.bim-world.de/wp-content/uploads/2018/12/AEC3_Liebich_Pr%C3%BCfbare-Informationsanforderungen-aufstellen-und-im-Projekt-umsetzen.pdf, zuletzt geprüft am 03.03.2019.

Liebich, Thomas; Borrmann, André; Elixmann, Rober; Eschenbruch, Klaus; Hausknecht, Kerstin; Häußler, Marco et al. (2018): Wissenschaftliche Begleitung der BMVI Pilotprojekte zur Anwendung von BIM im Infrastrukturbau. Endbericht Handlungsempfehlungen. Hg. v. BMVI. BMVI. Online verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/wissenschaftliche-begleitung-anwendung-bim-infrastrukturbau-2018.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 21.04.2019.

Martin Egger, Kerstin Hausknecht, Thomas Liebich, Jakob Przybylo: BIM-Leitfaden für Deutschland. Information und Ratgeber. Online verfügbar unter https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ZB/Auftragsforschung/3Rahmenbedingungen/2013/BIMLeitfaden/Endbericht.pdf;jsessionid=77C8DA9015F2A38B26CA89E697CDA215.live21303?__blob=publicationFile&v=2, zuletzt geprüft am 18.03.2019.

Mini, Franziska (2016): Entwicklung eines LoD Konzepts für digitale Bauwerksmodelle von Brücken und dessen Implementierung. Hg. v. Technische Universität München - Lehrstuhl für Computergestützte Modellierung und Simulation. Online verfügbar unter https://publications.cms.bgu.tum.de/theses/2016_Mini_Borrmann.pdf, zuletzt geprüft am 15.04.2019.

Naumann, René; Heilfort, Thomas; Schach, Rainer (o.J.): Kostenkennzahlen für Brückenbauwerke im Autobahnbau. Online verfügbar unter <http://heilfort.de/wp-content/uploads/b05-naumann-heilfort-schach-kostenkennzahlen-fuer-brueckenbauwerke-im-autobahnbau.pdf>, zuletzt geprüft am 10.04.2019.

NBS (o.J.): Bridge deck systems. Online verfügbar unter https://toolkit.thenbs.com/Uniclass/Ss_30_16_10/, zuletzt geprüft am 17.03.2019.

NBS (2016): What is Building Information Modelling (BIM)? Hg. v. NBS. Online verfügbar unter <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-building-information-modelling-bim>, zuletzt geprüft am 17.03.2019.

NBS (2018): The National BIM Report 2018. Unter Mitarbeit von NBS. Online verfügbar unter <https://www.thenbs.com/knowledge/the-national-bim-report-2018>, zuletzt geprüft am 18.03.2019.

OBERMEYER Planen und Beraten (2018): Building Information Modeling. Online verfügbar unter <https://www.opb.de/index.php?id=400>, zuletzt geprüft am 04.04.2019.

OCCS Development Committee (2006): Introduction and User's Guide. Online verfügbar unter http://www.omniclass.org/tables/OmniClass_Main_Intro_2006-03-28.pdf, zuletzt geprüft am 27.03.2019.

OCCS Development Committee (2015): OmniClass. Table 23 - Products. Online verfügbar unter <http://www.omniclass.org/>, zuletzt geprüft am 27.03.2019.

Pekárek, Wolfgang (2016): BIM im Brücken- und Ingenieurbau mit Siemens NX. Hg. v. buildingSMART. Online verfügbar unter <https://www.buildingsmart.de/kos/WNetz?art=File.download&id=3984&name=1B->

2_No%3FIdgen-Peka%3Frek_SiemensNX_bS-Anwendertag-14.pdf, zuletzt geprüft am 02.03.2019.

planen-bauen 4.0 (2017): IFC-Bridge. Hg. v. planen-bauen 4.0. Online verfügbar unter https://planen-bauen40.de/wp-content/uploads/2017/08/IFC_Bridge.pdf, zuletzt geprüft am 19.04.2019.

planen-bauen 4.0 (2018): IFC für den Infrastrukturbereich. Hg. v. planen-bauen 4.0. Online verfügbar unter <http://ifcinfra.de/>, zuletzt geprüft am 15.04.2019.

planen-bauen 4.0 (2019): IFCInfra. IFC-Bridge wird Candidate Standard. Hg. v. planen-bauen 4.0. Online verfügbar unter <http://ifcinfra.de/ifc-bridge/ifc-bridge-wird-candidate-standard/>, zuletzt geprüft am 19.04.2019.

pwc (2018): Baubranche aktuell. Wachstum 2020 - Digitalisierung und BIM. Unter Mitarbeit von Ralph Niederdrenk und Ralph Seemann. Online verfügbar unter <https://www.pwc.de/de/industrielle-produktion/baubranche-aktuell-wachstum-2020-maerz-2018.pdf>, zuletzt geprüft am 15.02.2019.

Richard McPartland (2014): BIM Levels explained. Definitions for levels of BIM maturity from Level 0, through Level 1, Level 2 and Level 3 and beyond. Hg. v. NBS. Online verfügbar unter <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-levels-explained>, zuletzt aktualisiert am 28.03.2018, zuletzt geprüft am 21.03.2019.

Verband Beratender Ingenieure VBI (2016): BIM-Leitfaden für die Planerpraxis. Empfehlungen für planende und beratende Ingenieure. Hg. v. Verband Beratender Ingenieure VBI. Online verfügbar unter https://www.vbi.de/fileadmin/redaktion/Dokumente/Infopool/Downloads/VBI_BIM-Leitfaden_0916-final.pdf, zuletzt geprüft am 05.03.2019.

Verein Deutscher Ingenieure e.V. (2018a): Anforderungen an den Datenaustausch, VDI 2552 - Blatt 4. In: Building Information Modeling.

Verein Deutscher Ingenieure e.V. (2018b): Datenmanagement, VDI 2552 - Blatt 5, vom Dezember 2018. In: Building Information Modeling.

Erklärung

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

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

München, 24. April 2019

Thi Nguyen