



# **BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL**

## **Endbericht**

### **Entwicklung eines Anforderungskatalogs an Bauwerksinformationsmodelle in Bezug auf die Standardisierung der Detailinhalte und Detailtiefe aus Sicht der Bauausführung**

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt und Raumforschung gefördert.

Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-15.15

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.

**Bergische Universität Wuppertal  
Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen  
Lehr- und Forschungsgebiet Baubetrieb und Bauwirtschaft**

Projektleitung: Manfred Helmus, Prof. Dr.-Ing.  
Anica Meins-Becker, Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.  
Agnes Kelm, M.Sc. Elektrotechnik

Bearbeitung: Holger Kesting, Dipl.-Ing. Bauing.  
Pietro Scarpino Dipl.-Ing. Bauing. M.Sc. REM+CPM  
Michael Zibell, M.Sc. Bauing.

Wuppertal, 29.09.2017

---

# Inhaltsverzeichnis

|  |            |
|--|------------|
| <b><u>INHALTSVERZEICHNIS</u></b> .....   | <b>I</b>   |
| <b><u>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</u></b> .....  | <b>III</b> |
| <b><u>1 EINFÜHRUNG</u></b> .....   | <b>1</b>   |
| 1.1 AUSGANGSSITUATION .....  | 1          |
| 1.2 ZIELSETZUNG/ABGRENZUNG UND PRAXISPARTNER .....                                     | 1          |
| 1.3 EINORDNUNG IN DIE BIM-FORSCHUNGSLANDSCHAFT .....                                   | 4          |
| <b><u>2 METHODISCHES VORGEHEN</u></b> .....  | <b>6</b>   |
| 2.1 ARBEITSPAKETE .....  | 6          |
| 2.2 GRUNDLAGEN UND EINORDNUNG IN DAS GESAMTKONZEPT .....                               | 8          |
| 2.3 ERFASSUNG DES IST-PROZESSES .....  | 8          |
| 2.4 STATUS QUO DER BIM-IMPLEMENTIERUNG IN AUSFÜHRENDEN UNTERNEHMEN .....               | 9          |
| 2.5 ABLEITUNG DES BIM-PROZESSES .....  | 9          |
| 2.6 AUFSTELLUNG DES ANFORDERUNGSKATALOGES .....  | 10         |
| <b><u>3 ENTWICKLUNG DES IDEALTYPISCHEN BIM-PROZESSES</u></b> .....                     | <b>11</b>  |
| 3.1 PROZESSE AUSFÜHRENDER UNTERNEHMEN IM KONTEXT VON BIM .....                         | 11         |
| 3.2 EXKURS: AUFNAHME DES BIM-IMPLEMENTIERUNGSSTATUS' IN AUSFÜHRENDEN UNTERNEHMEN ..... | 12         |
| 3.3 ERSTELLUNG DES IST-PROZESSES .....   | 14         |
| 3.4 ERSTELLUNG DES BIM-PROZESSES IN DER LEBENSZYKLUSPHASE DER BAUAUSFÜHRUNG .....      | 15         |
| 3.5 DER INFORMATIONSPROZESS ALS TEIL DES BIM-PROZESSES .....                           | 16         |
| 3.6 DARSTELLUNG DES BIM-PROZESSES .....  | 17         |
| 3.6.1 VERGABE DER BAUAUSFÜHRUNG .....  | 18         |
| 3.6.2 DIE METHODE BIM AUS SICHT DER AUSSCHREIBENDEN .....                              | 21         |

---

|                              |   |           |
|------------------------------|---|-----------|
| 3.6.3                        | DIE METHODE BIM AUS SICHT DER ANBIETENDEN .....                           | 28        |
| 3.6.4                        | ARBEITSVORBEREITUNG, FERTIGUNG, ABNAHME/ÜBERGABE UND GEWÄHRLEISTUNG ..... | 33        |
| 3.6.5                        | DIE METHODE BIM AUS SICHT DER AUSFÜHRENDEN .....                          | 33        |
| <b>4</b>                     | <b><u>ANFORDERUNGSKATALOG .....</u></b>                                   | <b>39</b> |
| <b>4.1</b>                   | <b>ANFORDERUNGEN IM KONTEXT DER METHODE BIM .....</b>                     | <b>39</b> |
| <b>4.2</b>                   | <b>ANFORDERUNGSTYPEN .....</b>  | <b>40</b> |
| 4.2.1                        | STRUKTURELLE ANFORDERUNGEN IM THEMENSPEZIFISCHEN KONTEXT .....            | 41        |
| 4.2.2                        | INHALTLICHE ANFORDERUNGEN IM THEMENSPEZIFISCHEN KONTEXT .....             | 42        |
| 4.2.3                        | VERANTWORTLICHKEITEN IM THEMENSPEZIFISCHEN KONTEXT .....                  | 42        |
| 4.2.4                        | ZEITPUNKTE IM THEMENSPEZIFISCHEN KONTEXT .....                            | 43        |
| <b>4.3</b>                   | <b>BIM-ANFORDERUNGEN IM PROZESSMODELL .....</b>                           | <b>43</b> |
| 4.3.1                        | EINORDNUNG DER BIM-ANWENDUNG IM PROZESSMODELL .....                       | 43        |
| 4.3.2                        | VERANKERUNG DER STRUKTURELLEN ANFORDERUNGEN .....                         | 44        |
| 4.3.3                        | VERANKERUNG DER INHALTLICHEN ANFORDERUNGEN .....                          | 44        |
| 4.3.4                        | ERMITTLUNG VON VERANTWORTLICHKEITEN .....                                 | 46        |
| 4.3.5                        | ERMITTLUNG VON ZEITPUNKTEN .....  | 46        |
| <b>4.4</b>                   | <b>GENERIERUNG DES ANFORDERUNGSKATALOGS .....</b>                         | <b>46</b> |
| <b><u>ANLAGE 1 .....</u></b> | <b><u>.....</u></b>   | <b>49</b> |

---

## Abbildungsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 1: Praxispartner des Forschungsprojektes .....                              | 2  |
| Abbildung 2: Eingliederung der BUW-Forschungsprojekte im Immobilienlebenszyklus ..... | 5  |
| Abbildung 3: Zeitachse der Arbeitspakete .....  | 7  |
| Abbildung 4: Prozessstruktur und Einordnung der Forschungsprojekte.....               | 16 |
| Abbildung 5: Vorgehen bei der Ist-Prozessanalyse im Projekt.....                      | 17 |
| Abbildung 6: Schema der Prozessebenen 0 und 1.....                                    | 18 |
| Abbildung 7: Prozess Vergabe der Bauausführung Teil 1 .....                           | 19 |
| Abbildung 8: Prozess Vergabe der Bauausführung Teil 2 .....                           | 20 |
| Abbildung 9 Einbindung Prozesse Arbeitsschutz in die der Bauausführung .....          | 20 |
| Abbildung 10: Schema Mapping .....  | 23 |
| Abbildung 11: Möglichkeiten modellbasierter Modellermittlungen .....                  | 25 |
| Abbildung 12: Beispiel Kontaktfläche.....   | 26 |
| Abbildung 13: Übersicht der Grundlagen für LV Erstellung und Bepreisung.....          | 27 |
| Abbildung 14: Schema Beispielprozess Mengenermittlung.....                            | 39 |
| Abbildung 15 Prozessnavigation.....   | 44 |
| Abbildung 16 Verknüpfungen über In- und Outputs.....                                  | 45 |
| Abbildung 17 Ebenen-Abgrenzung über Informationsstruktur .....                        | 45 |
| Abbildung 18 Schema der Anforderungstabellen pro Prozess .....                        | 47 |

---

# 1 Einführung

## 1.1 Ausgangssituation

Die Digitalisierung der Wirtschaft schreitet seit einigen Jahren, auch in Deutschland, stetig voran. In Bezug auf die Baubranche steht hierbei vor allem die Methode des Building Information Modeling im Fokus. Im Gegensatz zu anderen Ländern jedoch hängt die Anwendung der Methode in Deutschland hinterher und wird bislang nicht flächendeckend angewandt. Nach allgemeiner Auffassung liegen die Ursachen hierfür darin, dass

1. eine Vielzahl unterschiedlicher Definitionen der zugehörigen Fachbegriffe kursiert,
2. die aktuellen Entwicklungen sowie deren Ergebnisse nicht ausreichend aufbereitet der Fachöffentlichkeit zur Verfügung stehen,
3. der Fokus bei Standardisierungsbestrebungen derzeit kaum auf der Phase der Realisierung zu liegen scheint,
4. die Thematisierung der Software und der Datenformate gegenüber der Betrachtung von Dateninhalten zu überwiegen scheint.

Vor dem Hintergrund, die Effektivität und Effizienz der deutschen Bauwirtschaft zu optimieren und somit die Wettbewerbsfähigkeit der zugehörigen Bauunternehmen auch im internationalen Vergleich zu stärken, ist die Anwendung der Methode BIM auch während der Bauausführung unabdingbar. Immer häufiger werden Bauwerksinformationsmodelle bereits während der Planung zur Verbesserung der Abläufe innerhalb der Phase erzeugt, jedoch sind sie häufig nicht entsprechend einer Weiternutzung in nachgelagerten Phasen wie der Bauausführung aufgebaut. Somit müssen die Bauunternehmen in der Praxis neu modellieren oder die für sie relevanten Informationen aufwändig hinzufügen. Damit sich die Methodik jedoch auch in der Bauausführung etablieren kann, bedarf es der Entwicklung eines entsprechenden Anforderungskatalogs an die Inhalte von Bauwerksinformationsmodellen aus Sicht der Bauausführung. Gespräche mit Unternehmen aus der Bauwirtschaft haben ergeben, dass diesbezüglich dringender Handlungsbedarf besteht.

## 1.2 Zielsetzung/Abgrenzung und Praxispartner

Das Thema „Digitalisierung der Bauwirtschaft“ und die hiermit in Verbindung stehen „Methode BIM“ wird vielerorts diskutiert und besprochen. In einer Vielzahl von Organisationen und Unternehmen bilden sich Arbeitskreise, in denen zumeist auch die Notwendigkeit einer Standardisierung thematisiert wird. Dabei gehen die Meinungen auseinander, ob Standards festgelegt und normativ vorgeschrieben werden sollen, oder ob sie sich aus der Praxis heraus entwickeln bzw.

von den Anwendern schrittweise erarbeitet werden sollen. Aktuell fokussieren sich die Bestrebungen dazu jedoch innerhalb des Lebenszyklus' von Bauwerken nicht auf die Phase der Realisierung.

Das Forschungsprojekt „Digital Bauen mit BIM in Deutschland: Fokus Bauausführung“ ist Teil eines längerfristigen aufzubauenden Gesamtkonzepts. Ziel dessen ist es, die Standardisierungsbestrebungen von Bauwerksinformationsmodellen in Bezug auf Prozesse und den zugehörigen Informationsfluss zwischen den Projektbeteiligten in allen Lebenszyklusphasen voranzutreiben. Dies wird bei gleichzeitiger Rechts- und Normkonformität dazu beitragen, Transparenz in Bezug auf die Methode BIM für die am Bau Beteiligten zu schaffen.

Im Rahmen des im Projekt „Digital Bauen mit BIM in Deutschland: Fokus Bauausführung“ dargestellten Teilabschnittes wird der Fokus auf die Phase der Realisierung von Bauwerken gelegt. Zunächst sind die aktuell in der Branche stattfindenden Prozesse (Ist-Prozesse) in Bezug auf den Informationsprozess<sup>1</sup> zu erfassen und hinsichtlich der je Prozess benötigten Informationen zu untersuchen. Des Weiteren ist zu klären, inwieweit diese Prozesse standardisiert abzubilden und im Hinblick auf die Digitalisierung anzupassen sind. Im Ergebnis sollen dann aus dem entwickelten Prozess heraus sowohl inhaltliche als auch strukturelle Anforderungen hinsichtlich der zu liefernden Informationen an die vorgelagerten Lebensphasen der Immobilie formuliert werden. Zwecks Gewährleistung eines unmittelbaren Bezugs zur bzw. einer Verwendbarkeit in der Praxis unterstützen folgende Praxispartner das Forschungsvorhaben:



Abbildung 1: Praxispartner des Forschungsprojektes

Aufgrund einer umfangreichen Vernetzung mit der Praxis unterstützen weitere Unternehmen und Institutionen das Forschungsvorhaben, beispielsweise im Rahmen von Experteninterviews:

<sup>1</sup> Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 6.6.1

- Bauer Software GbR
- BIB GmbH
- BRZ Deutschland GmbH
- CAFM Ring
- ceapoint aec technologies GmbH
- CONJECT AG
- DB International GmbH
- DB Netz AG
- DERICHS u KONERTZ GmbH u Co. KG
- eTASK Software GmbH
- Gobar Consulting Group
- Intellior AG
- isl-kocher.com
- Klebl Baulogistik GmbH
- Kondor Wessels GmbH
- Kullmann Bau-Unternehmen GmbH
- LA | CONCEPT (für Dynamische BauDaten)
- List Ingenieure GmbH & Co. KG
- msm meyer schmitz-morkramer rhein GmbH
- NEVARIS Bausoftware GmbH
- OneTools GmbH & Co. KG
- Rheinbahn AG
- VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V.

- Zechbau GmbH
- Zeppelin Streif Baulegistik GmbH

Finanziell wird dieses Forschungsprojekt mit Mitteln der Forschungsinitiative ZukunftBAU des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) durch das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) gefördert. Der Projektstart erfolgte im Juli 2015, die Laufzeit beträgt inklusive kostenneutraler Verlängerung 27 Monate.

### 1.3 Einordnung in die BIM-Forschungslandschaft

Das Forschungsprojekt „Digital Bauen mit BIM in Deutschland: Fokus Bauausführung“ steht in engem Austausch mit anderen Projekten des Lehr- und Forschungsgebiets Baubetrieb und Bauwirtschaft an der Bergischen Universität Wuppertal. Mit Hilfe einer entwickelten Prozessstruktur<sup>2</sup> lassen sich die verschiedenen Vorhaben konkret einordnen (Abbildung 2):

Im oberen Bereich der Abbildung befinden sich die Lebenszyklusphasen einer Immobilie, welchen die Forschungsprojekte zugeordnet sind. Auf der vertikalen Achse werden die Forschungsprojekte einem Detaillierungsgrad, sogenannten Prozessebenen, zugewiesen. Damit steht mit der horizontalen Achse eine zeitliche, und der vertikalen Achse eine inhaltliche Gliederungsebene zur Verfügung.

Den übergreifenden Rahmen spannt das Forschungsprojekt „BIM-basiertes Bauen im Prozess“. Das hier gegenständliche Forschungsprojekt „Digital Bauen mit BIM in Deutschland: Fokus Bauausführung“ zur Entwicklung eines Anforderungskataloges aus Sicht der ausführenden Unternehmen erstreckt sich entsprechend über die Phase der „Realisierung“ und betrachtet die Prozessebenen drei und vier.<sup>3</sup> Es liefert zusätzlich als vertiefendes Projekt wesentliche Rückmeldungen für die Kompatibilität zwischen dem strategischen Prozessmodell über den Lebenszyklus und den jeweiligen fachspezifischen Sichten.

Das ebenfalls aktuell laufende Forschungsprojekt „BIM-Prozesse Arbeitsplanung“ weist mit einer noch mehr fokussierten Betrachtung der Realisierungsphase ab Prozessebene vier eine noch höhere und spezifischere Detaillierungstiefe auf. Als spezialisiertes Forschungsprojekt schließt es direkt an die Prozesse des gegenständlichen Forschungsprojektes an und leitet in

---

<sup>2</sup> Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 3 und 6.2

<sup>3</sup> Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 6.2.2



weiteren Schritten aus dem Prozessmodell die Ergebnisse aus Sicht der konkreten Arbeitsplanung ab.

Das parallel laufende Forschungsprojekt „BIM und Arbeitsschutz“ richtet seinen Fokus auf spezifische Fachinhalte des Arbeitsschutzes und erstreckt sich von der Phase der Planung bis hin zum Betrieb. In einem weiteren Forschungsprojekt besteht eine Kooperationspartnerschaft mit Herrn Prof. Harte der Bergischen Universität Wuppertal, in dessen Rahmen die Bearbeitungen auf dem Gebiet „Standard Beispieldatenbank für Tragwerksberechnung“ erfolgen.

Im Rahmen eines weiteren Forschungsvorhabens „BIM-Prozesse Rückbau/Stoffkreisläufe“ werden die Prozesse des Rückbaus sowie das Bauen im Bestand in höheren Detaillierungsstufen erarbeitet.

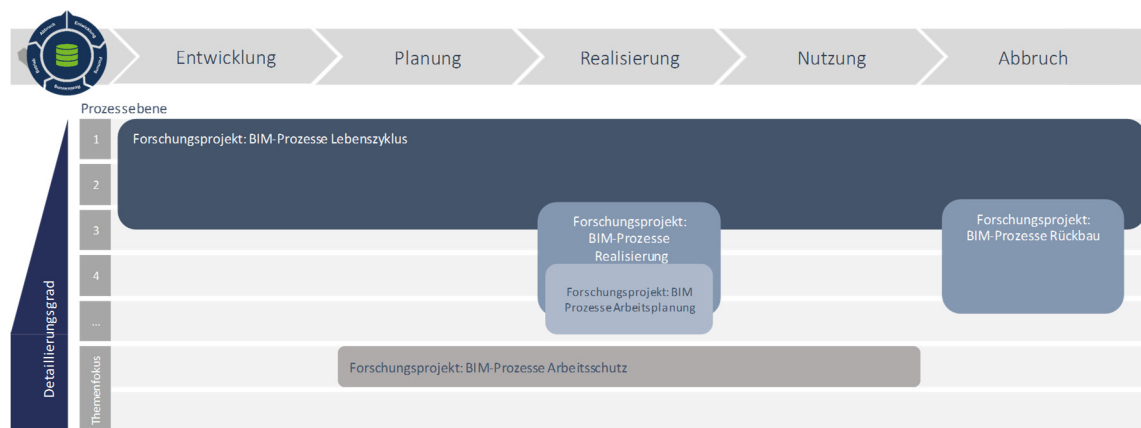


Abbildung 2: Eingliederung der BUW-Forschungsprojekte im Immobilienlebenszyklus

## 2 Methodisches Vorgehen

Im nachfolgenden Kapitel werden die dem Forschungsprojekt zugrundeliegenden sechs Arbeitspakete vorgestellt. Auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse sind die Arbeitspakete überarbeitet und angepasst worden.

### 2.1 Arbeitspakete

Im Rahmen des Forschungsantrages wurde zunächst eine Aufteilung in sechs verschiedene, aufeinander aufbauende Arbeitspakete (im Nachfolgenden AP abgekürzt) vorgenommen:

- AP 1:** Das Arbeitspaket 1 beinhaltet die Durchführung von Ist-Prozessanalysen der Prozesse der Bauausführung mit dem Ziel der Standardisierung der Ist-Prozesse und Definition des je Prozess relevanten Dateninhalts und Detaillierungsgrads.
- AP 2:** Im Arbeitspaket 2 wird die Analyse der internationalen Vorgehensweisen/Standards/Bestrebungen untersucht.
- AP 3:** Unter der Anwendung der Methode BIM auf die im AP 1 definierten Standard-Ist-Prozesse der Bauausführung und Entwicklung der Standard-BIM-Prozesse ist das Arbeitspaket 3 zu verstehen.
- AP 4:** Das Arbeitspaket 4 setzt sich mit der Analyse und Definition der Dateninhalte und des Detaillierungsgrades und Entwicklung des Anforderungskataloges auseinander.
- AP 5:** Die Gliederung des Anforderungskatalogs nach vorab definierten Kriterien, wie z.B. Gewerken ist für das Arbeitspaket 5 vorgesehen.
- AP 6:** Im Arbeitspaket 6 ist die Erstellung des Endberichts enthalten.

Im Zuge der Bearbeitung und auch im Hinblick auf die parallele Bearbeitung verschiedener parallellaufender Forschungsprojekte mit dem Ziel der Nutzung von Synergien und der Vermeidung von Doppelarbeit hat es sich als zielführend dargestellt, die Inhalte der Arbeitspakete zeitlich zu verschieben und inhaltlich anzupassen. Gemeinsame Grundlagen wurden im Grundlagenbericht zusammengefasst. Die aktuelle Gliederung der Arbeitspakete bildet sich wie folgt ab:

**AP 1: Grundlagenermittlung:**

Aufstellung von Definitionen, Lebenszykluseinordnung, Vernetzung mit weiteren BIM-Projekten sowie Findung eines Prozessmodellierungstools.

**AP 2: Analyse der Ist-Prozesse der Bauausführung:**

Aufnahme und Erstellung von Ist-Prozessen der Bauausführung mit dem Ziel der Standardisierung und Definition des je Prozess relevanten Informationsinhalts und Detaillierungsgrads.

**AP 3: Analyse des Ist-Status BIM:**

Erfassung der in Deutschland genutzten BIM-Werkzeuge und deren Einsatzes in der Praxis inklusive Schwächen und Stärken.

**AP 4: Aufstellen des Informationsprozesses im BIM-Prozess der Bauausführung:**

Überlagerung der Erkenntnisse aus AP 2 und 3 und aus deren Verknüpfung Ableitung des Informationsprozesses im BIM-Prozess.

**AP 5: Anforderungskatalog:**

Erstellung des Anforderungskatalogs an Bauwerksinformationsmodelle aus der Planung auf Grundlage der Erkenntnisse des erforderlichen Informationsgehaltes des Informationsprozesses der BIM-Prozesskette.

**AP 6: Ergebnisveröffentlichungen und Endbericht:**

Erstellung des Endberichts und Öffentlichkeitsarbeit.

Die nachfolgende Abbildung spiegelt die vorgenannten Arbeitspakete mit deren zeitlicher Einordnung sowie den aktuellen Bearbeitungsstand wider.

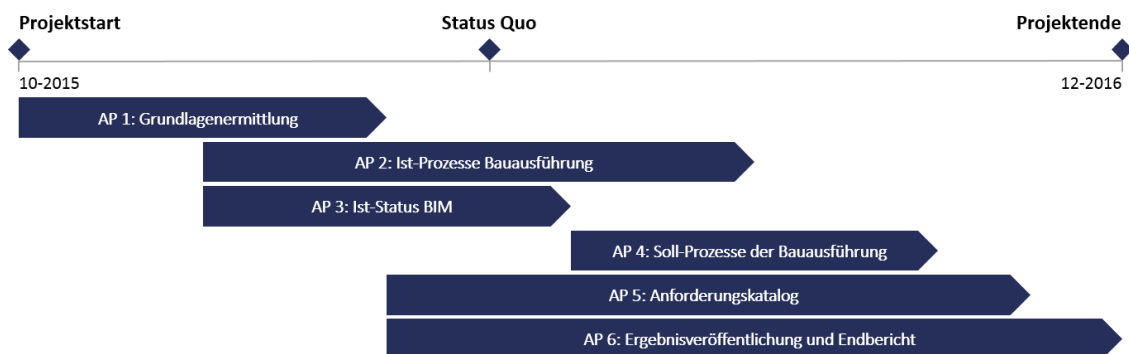


Abbildung 3: Zeitachse der Arbeitspakete

## 2.2 Grundlagen und Einordnung in das Gesamtkonzept

Im Arbeitspaket Grundlagenermittlung wurden für eine projektübergreifende Verständigung BIM-spezifische Definitionen aufgestellt. Hierbei wurden aus den Fachgesprächen mit den Praxispartnern, darüber hinaus interessierten Personenkreisen und der Literatur Fachbegriffe und deren Verständnis für die Bedeutung aufgenommen, analysiert und mit Begriffsdefinitionen geprägt. Die Begriffe werden in einem separaten Glossar geführt und im Rahmen des Grundlagenteils zur Verfügung gestellt.

Die Entwicklung eines ganzheitlichen Lebenszyklus' der Liegenschaft diente zur Einordnung und Abgrenzung des Forschungsprojektes. Darüber hinaus wurde der Lebenszyklus auch als Grundlage für die Erstellung des Prozessmodells herangezogen. Hierbei wurden Gemeinsamkeiten gegenübergestellt und im weiteren Verlauf in einzelne Bereiche, den Lebenszyklusphasen, übergreifend zusammengefasst.<sup>4</sup>

Eine weitere Grundlage für die Aufstellung von Prozessen bilden Informationen. Hierzu wurden die für die Errichtung von einem Bauwerk benötigten Informationen durch Recherche in der Fachliteratur, Regelwerke, Verordnungen, Richtlinien und Gesetzestexte herangezogen, analysiert und ausgewertet.

## 2.3 Erfassung des Ist-Prozesses

Im Zentrum der Aufnahme bzw. Erstellung der Ist-Prozesse während der Realisierung stand der mit diesen Prozessen verbundene Informationsfluss. Hierbei verfolgten die Bearbeiter den Ansatz der Aufstellung des Prozessmodells im Sinne eines Top-Down-Ansatzes von gröberen Ebenen hin zu detaillierteren. In einem zweiten Schritt wurden dann im Sinne eines Bottom-Up-Ansatzes von detaillierteren hin zu gröberen Ebenen diesen Prozessen die entsprechenden Informationen (Informationsinputs und Informationsoutputs) zugeordnet. Dabei fanden die aufgestellten Regelungen zum Prozessmodell Beachtung.<sup>5</sup>

Als Datenquelle dienten u.a. Literaturrecherchen und bereits aufgestellte Prozessstrukturen und Informationen aus vorangegangenen, abgeschlossenen Forschungsprojekten des Lehr- und Forschungsgebiets Baubetrieb und Bauwirtschaft der Bergischen Universität Wuppertal. Das Prozessmodell wurde in Bezug auf Bauausführungsprozesse mit Rechercheergebnissen abgeglichen und strukturell in Konformität gebracht. Parallel dazu erfolgte eine Befragung diverser Praxispartner, mit denen die Prozessketten gemeinsam auf- bzw. ausgebaut wurden. Dieses Vorgehen stellt in ausreichendem Maße sicher, dass das entworfene Prozessmodell für den Einsatz in der Praxis geeignet ist.

---

<sup>4</sup> Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 3

<sup>5</sup> Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 6.2

Zusätzlich wurden die im Vergleich zum Forschungsprojekt „BIM-basiertes Bauen im Prozess“ detaillierteren Prozesse an dessen übergeordneter Prozessstruktur ausgerichtet. Daraus entstand ein modular aufgebautes und in sich schlüssiges Prozessmodell. Diese Verknüpfung erfolgte ebenso mit dem, sich aus dem Forschungsprojekt „Arbeitsschutz - Building Information Modeling“ ergebenden Prozessmodell.<sup>6</sup> Die Verknüpfungsebene zwischen den verschiedenen Forschungsprojekten ist die Detaillierungsebene 3.<sup>7</sup>

Die Validierung der Ergebnisse erfolgte mit Hilfe der Praxispartner und des weiteren Unternehmensnetzwerkes. Die Analyse der Ist-Prozesse stellte sicher, dass sowohl eine konkrete Grundlage geschaffen wurde, um aktuelle Schwachstellen im Informationsfluss herauszufinden, als auch ein entsprechendes Optimierungspotenzial aufgezeigt werden kann. Auf dieser Basis wurde der komplexe datendurchgängige Informationsprozess im BIM-Prozess ableitet.

#### **2.4 Status Quo der BIM-Implementierung in ausführenden Unternehmen**

Zeitgleich zu der Erarbeitung und Erfassung der Ist-Prozesse für die Phase der Realisierung gaben Gespräche mit Anwendern in der Praxis Einblick in den Status Quo des Arbeitens mit der Methode BIM in Deutschland. Dabei lag der Fokus auf der Analyse aktuell verfügbarer BIM-Werkzeuge und dem derzeitigen Wissens- bzw. Anwendungsstand der Methode BIM bei bauausführenden Unternehmen. Darüber hinaus wurden ebenfalls die bisher zugänglichen Informationen und Richtlinien des internationalen Marktes in Bezug auf den Einsatz der Methode BIM in Deutschland herangezogen und ausgewertet. Die hieraus gewonnenen Erkenntnisse bildeten die Grundlage für die Aufstellung des Informationsprozesses im BIM-Prozess.

#### **2.5 Ableitung des BIM-Prozesses**

Im Rahmen dieses Arbeitspaketes wurde aufbauend auf den Ergebnissen der vorangegangenen Arbeitspakete der Informationsprozess im BIM-Prozess für die Phase der Realisierung erarbeitet. Dazu wurde untersucht, inwieweit die Anwendung der Methode BIM eine Anpassung des Prozessmodells erfordert. Die Betrachtung bezog sich sowohl auf die abgebildeten Prozesse selbst, als auch auf den technischen Aufbau in der genutzten Prozessmodellierungs-Software.<sup>8</sup>

Die geprüfte Prozesskette stellt den Informationsprozess im BIM-Prozess für die Lebenszyklusphase der Realisierung dar und ist die Grundlage für die Untersuchungen zum Anforderungskatalog entsprechend des Forschungsantrags. Auch der BIM-Prozess wurde in Zusammenarbeit mit Praxispartnern und weiteren Partnern des sich im Zuge des Forschungsprojekts aufbauenden

---

<sup>6</sup> Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 2.5

<sup>7</sup> Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 6.2.3

<sup>8</sup> Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 6.4.2

Unternehmensnetzwerks validiert. Hierüber wurde sichergestellt, dass der BIM-Prozess realitätsnah aufgestellt ist.

## **2.6 Aufstellung des Anforderungskataloges**

Aus den in den vorgenannten Kapiteln gewonnenen Erkenntnissen zur Erstellung des BIM-Prozesses in der Realisierungsphase wurde ein Schema für die prozessbasierte Erstellung eines Anforderungskatalogs an die vorgelagerte Lebenszyklusphase „Planung“ entwickelt. Dabei soll die Generierung aus dem Prozessmodell heraus eine Spezifizierung für konkrete Projekte und Unternehmen ermöglichen. Zudem wird mit dem automatisierten Vorgehen eine flexible Erweiterbarkeit der Inhalte sichergestellt und der schnelllebigen Entwicklung im Bereich Digitalisierung und BIM Rechnung getragen.

### 3 Entwicklung des idealtypischen BIM-Prozesses

#### 3.1 Prozesse ausführender Unternehmen im Kontext von BIM

Mit der Methode BIM und der Digitalisierung im Allgemeinen gewinnt die Strukturierung von Arbeitsabläufen durch die Abbildung in Prozessen zunehmend an Bedeutung in der Bau- und Immobilienwirtschaft. Dies liegt im Wesentlichen daran, dass sich mit durchdachten und im Vorfeld geplanten Abfolgen von Tätigkeiten im Hinblick auf einen durchgängigen Informationsfluss neben Effizienzsteigerungen auch durch den Einsatz digitaler Werkzeuge zur Datenerfassung, Datenverarbeitung und Datenweitergabe vor allem Automatisierungen vereinfacht planen, umsetzen und kontrollieren lassen. Hierbei werden zwei Blickwinkel unterschieden: Die Projektsicht und die Unternehmenssicht.

Aus Projektsicht wird die durch die Methode BIM ermöglichte Datenerfassung, Datenverarbeitung und Datenweitergabe zwischen den Projektbeteiligten erwartet. Hierzu muss der Bauherr seinen Bedarf über die Formulierung der zugehörigen BIM-Ziele, -Anwendungen und -Anforderungen festlegen und über sogenannte Auftraggeber-Informationen-Anforderungen (AIA) und BIM-Abwicklungs-Pläne (BAP) mit den Projektbeteiligten abstimmen.<sup>9</sup> AIA stellen dabei ein Lastenheft des jeweiligen Auftraggebers und BAP die entsprechenden Pflichtenhefte der Auftragnehmer dar. Als Grundlage zur Erstellung eines BAP dienen die durchzuführenden Abläufe des jeweiligen Unternehmens. Sie müssen mit den in den AIA definierten Abläufen kompatibel sein oder entsprechend angepasst werden (z.B. Ausschreibung und Angebotserstellung). Daher ist es auch für ausführende Unternehmen für eine Mitwirkung in BIM-Projekten Voraussetzung, die internen Prozesse bereits im Vorfeld ausreichend zu strukturieren und zu dokumentieren.

In diesem Zusammenhang kommt man zu dem Blickwinkel der Unternehmenssicht. Hierbei werden neben den Schnittstellenprozessen zu den anderen Projektbeteiligten auch die rein internen Prozesse betrachtet. Dabei geht es sowohl um den Aufbau neuer technischer Abläufe, die erst durch den Einsatz digitaler Werkzeuge ermöglicht werden, als auch um eine Überarbeitung der zum Teil gewachsenen Abläufe und Strukturen in Unternehmen und Projekten, um eine Eliminierung vorhandener Medienbrüche durch einen durchgängigen Informationsfluss zu erzielen.

Das gegenständliche Forschungsprojekt verfolgte das Ziel, basierend auf der Analyse des Ist-Prozesses und der Analyse vorhandener Schwachstellen im Informationsfluss durch eine Umstrukturierung und den Einsatz digitaler Werkzeuge den BIM-Prozess aufzubauen. Hierbei wurden der BIM-Prozess sowie der zugehörige Informationsfluss allgemeingültig aufgebaut. Der Betrachtungsrahmen umfasst sowohl den Blickwinkel der Projekt- als auch der Unternehmenssicht. Aufbauend auf den Ergebnissen wurde dann das Schema zur Generierung eines Anforderungskatalogs an Informationen etc. aus Sicht der Bauausführung an die Datenmodelle abgeleitet.

---

<sup>9</sup> Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 4.3 f.

### **3.2 Exkurs: Aufnahme des BIM-Implementierungsstatus‘ in ausführenden Unternehmen**

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde eine Vielzahl an Gesprächen mit ausführenden Unternehmen der Bauwirtschaft geführt. Neben den Praxispartnern waren auch andere Unternehmen an einer Mitarbeit interessiert (Kap. 1.2). Es erfolgte ein intensiver Austausch über die Potentiale, die die Anwendung von BIM aus Sicht der Unternehmen birgt und den aktuellen Stand, auf dem sie sich bei der Implementierung befinden. Im Folgenden sind die dabei erhaltenen Informationen zum aktuellen Stand der BIM-Implementierung zusammengefasst.

Bauausführende Unternehmen unterschiedlicher Größe und Fertigungstiefe sind in den letzten Jahren dazu übergegangen, eigene Kompetenzen im Bereich der Digitalisierung und deren Umgang damit aufzubauen. Hierbei wird in vielen Fällen die Einrichtung einer eigenen digitalen Forschungs- und Entwicklungsgruppe aus unternehmensinternen Mitarbeitern verfolgt. Diese wird zur besseren Erarbeitung der Themen gebündelt an einem Standort angesiedelt. In den meisten Fällen sollen im Anschluss von diesem zentralen Punkt aus das erarbeitete Wissen und die abgestimmte Strategie für das weitere Firmenvorgehen in Workshops weitergegeben und die Mitarbeiter entsprechend geschult werden. Unter anderem werden neue Softwareprodukte vorgestellt, anhand von aktuellen Beispielen die Methode BIM aufgezeigt und der hieraus resultierende Mehrwert in den einzelnen Arbeiten offengelegt.

Die geführten Gespräche haben ergeben, dass die bauausführenden Unternehmen im Mittel aktuell lediglich die Angebotsbearbeitung auf Grundlage von Bauwerksinformationsmodellen durchführen. Dabei sind die Vorgehensweisen in Abhängigkeit von den vorliegenden Angebotsunterlagen bzw. dem Wunsch des Auftraggebers hinsichtlich einer BIM-basierten Bearbeitung sehr unterschiedlich. Zumeist wird jedoch auf Grundlage der bestehenden Planungsunterlagen ein neues Bauwerksinformationsmodell aufgebaut. Die aufgeführten Begründungen bestätigen die Beweggründe für die Beantragung des gegenständigen Forschungsprojekts: Die Modelle aus der Planung sind mit dem gewählten Aufbau und der vorhandenen Detailtiefe nicht als unmittelbare Basis für eine Angebotserstellung geeignet. Darüber hinaus sind die Inhalte und Dateiformate nur in Ausnahmefällen mit den unternehmensinternen Abläufen kompatibel.

Unberührt von den vorhandenen Problemen herrscht jedoch Konsens darüber, dass die Methode BIM sowohl auf dem bisherigen Stand aber auch mit fortschreitender Entwicklung und Standardisierung eine Reihe von Mehrwerten mit sich bringt. Diese sind in Form der nachfolgenden Punkte zusammengefasst:

- Eine aktivere und transparentere Kommunikation zwischen den Projektbeteiligten.
- Eine (Teil-) Automatisierung von Abläufen wie der Mengenermittlung und die damit merkliche Beschleunigung der Abläufe auf Basis von Modellen. Diese ist bereits bei der Angebotserstellung mit neu aufgebauten Bauwerksinformationsmodellen ersichtlich, trotz



eines erhöhten Aufwandes der Modellerstellung im Gegensatz zu unmittelbar verwendbaren Modellen aus der Planung.

- Die leichtere Erfassung, Eliminierung und monetäre Bewertung von wichtigen Abhängigkeiten und Besonderheiten des Bauwerks auf Basis der Modellierung.
- Eine frühere und einfachere Erkenntnis über beispielsweise unzureichende Detailklärungen durch die Visualisierung des Bauwerksinformationsmodells in 3D, die somit bereits in das Angebot einfließen kann.
- Eine (teil-) automatisierte Terminplanung auf Basis der Modellierung und der Hinterlegung von Terminen. Die Mehrzahl der befragten Unternehmen plant in diesem Bereich aktuell jedoch lediglich den Test von Software zur Implementierung der Methode BIM.

Bei den Gesprächen stellte sich in Bezug auf den zuletzt genannten Punkt heraus, dass der kritischste Faktor bei der erfolgreichen Umsetzung von BIM-to-field<sup>10</sup> neben praktikablen Software-Produkten vor allem die individuellen Befindlichkeiten der Mitarbeiter vor Ort sind. Die in der Öffentlichkeit mit BIM verknüpfte Transparenz, Weitergabe sowie Bereitstellung von Informationen vermittelt den Mitarbeitern laut Unternehmen, in einer Mehrzahl der Fälle, das Gefühl der Ersetzbarkeit und Geringschätzung. Dies und weitere Punkte führen z.T. zu einer ablehnenden Haltung der Fachkräfte gegenüber der Methode BIM. Wichtigster Ansatz für die Zukunft ist es, hier entsprechende Anreize im Hinblick auf die Akzeptanz bzw. den Wunsch nach der Methode BIM zu finden und zu setzen.

Die zum Einsatz kommenden Softwarepakete zur Umsetzung der firmeneigenen Digitalisierungsstrategie reichen von der Anwendung nur einer einzelnen BIM-fähigen Software bis hin zu verschiedenen, verschiedenartig miteinander verknüpften Anwendungen. Mitunter sind ebenso mehrere Modellierungssoftwarepakete innerhalb eines Unternehmens im Einsatz, was beispielsweise aus unterschiedlichen Maschinenanforderungen diverser Fertigteilwerke resultiert. Dies führt zu nicht vorhersehbaren Aufgabenstellungen in der Bereitstellung und Aufbereitung für den Austausch der digitalen Daten.

Wiederum haben die Gespräche auch aufgezeigt, dass sich die Unternehmen bewusst mit der Implementierung auseinandersetzen. Sie betrauen Abteilungen oder einzelne Mitarbeiter unter dem Fokus Forschung und Entwicklung mit der Aufgabe, die für ihre Digitalisierungsausrichtung relevanten Prozesse aufzunehmen und zu analysieren. Im Weiteren sollen die hieraus resultierenden Anforderungen als Basis für den Austausch mit Softwarehäusern dienen, um die für die Unternehmen richtige Produktauswahl zu treffen bzw. eine entsprechende Entwicklung anzustoßen. Zu letzterem Zweck werden in der Umsetzung auch Kooperationen zwischen Unternehmen und Softwarehäusern eingegangen. Bei den Gesprächen ist ebenso festgestellt worden, dass die

---

<sup>10</sup> Einsatz der Methode Building Information Modeling auf der Baustelle

Unternehmen sich mit der Einführung von in sich schlüssiger und kompatibler Hardware und unternehmensübergreifender Kommunikationssoftware beschäftigen.

Aus den geführten Gesprächen wird auf der anderen Seite auch deutlich, dass es mitunter noch einen großen Aufklärungsbedarf in der Breite geben muss, um zu vermitteln, dass die Methode BIM nicht nur durch den alleinigen Einsatz von Software Erfolg verspricht. Diese Einschätzung führt dazu, dass Unternehmen große Softwarepakete erwerben, die „BIM“ versprechen, ohne zu wissen, dass es für den erfolgreichen Einsatz von BIM-Methoden neben den entsprechenden erwerbenden Software-Werkzeugen notwendig ist, diese Werkzeuge für die eigene Arbeit anzupassen sowie einzurichten und entsprechend die eigenen Arbeitsprozesse samt Zuständigkeiten und Kompetenzen der Mitarbeiter anzupassen.

### 3.3 Erstellung des Ist-Prozesses

Auf Basis der Durchführung von Literaturrecherchen, Experteninterviews mit Praxispartnern und weiteren Unternehmen sowie bestehender Erfahrungen des Forschungsteams wurde der Ist-Prozess abgeleitet. Die im methodischen Vorgehen beschriebene Literaturrecherche (Kap. 2.3) ist über gezielte Suchen in die Ableitung der Abläufe eingeflossen. Für eine allgemeine Grundlagenrecherche sind die in Zusammenhang stehenden Suchbegriffe zu unspezifisch und somit die Ergebnislisten zu umfangreich. Bereits die Suche nach den nachstehend aufgeführten Begriffen ergab in den genannten Bibliotheken 6707 Treffer. Auch die zur Verfügung stehenden Filter- und Suchfunktionen grenzten das Ergebnis nicht ausreichend ein. Darüber hinaus zeigten Leseproben bei den relevantesten Treffern mit den Praxispartnern, dass in der Praxis Prozesse häufig nur unzureichend beschrieben sind. Es wurden keine Beschreibungen zu Prozessen gefunden, bei denen der Informationsfluss im Fokus steht. Daher wurde die Literaturrecherche nachträglich auf die partielle gezielte Ergänzung der Interviews begrenzt.

- (Bau-) Ablauf
- (Bau-) Abwicklung
- (Bau-) Anwendungen
- (Bau-) Ausführung
- (Bau-) Durchführung
- (Bau-) Leitung
- (Bau-) Planung
- (Bau-) Position
- (Bau-) Prozess
- (Bau-) Realisierung
- (Bau-) Verfahren
- Baumanagement
- Vorgehensweise im Bau

Im Wesentlichen baut der Ist-Prozess somit auf der Durchführung von Experteninterviews und den bisherigen Erfahrungen der Forschungsgruppe auf. Zur Befragung der Praxis wurde ein Formular aufgebaut (Anlage 1), welches sich in zwei Teile gliedert.

Im oberen Abschnitt erfolgt eine grobe Einordnung in der Zeitachse (Lebenszyklus- und Projektphase). Des Weiteren sind Angaben zum Mitarbeiter und seinem Aufgabenfeld notwendig, um bei der späteren Auswertung die Angaben richtig interpretieren zu können. Aus Gründen des Datenschutzes werden diese Informationen vor der Analyse jedoch verschlüsselt.

Der untere Abschnitt, die Tabelle, ist für die Beschreibung des Prozesses und der dazugehörigen Informationen vorgesehen. Das Vorgehen kann auf zwei unterschiedlichen Wegen erfolgen:

**Die Mitarbeiter füllen die Formulare selbstständig und parallel zur Arbeit aus.**

Vorteil: Durch die direkte Verknüpfung werden keine Abläufe vergessen, die als selbstverständlich eingestuft werden und bei einer nachträglichen Aufnahme untergehen können. In der Einführungsveranstaltung gezeigte Beispiele werden den Mitarbeitern als Hilfestellung mitgereicht.

**Ein aus Prozesssicht außenstehender Mitarbeiter füllt die Formulare zusammen mit den Mitarbeitern in Interviewform gemeinsam aus.**

Vorteil: Eventuelle Unklarheiten werden direkt besprochen und es entstehen bei der späteren Auswertung keine Rückfragen.

Nachteil: Aufwand bei der Erhebung der Daten seitens des Forschungsprojektteams.

Nach erfolgreicher Aufnahme wurden die Inhalte der Formulare in das bestehende Prozessmodell eingearbeitet. Während der Bearbeitung wurde festgestellt, dass eine strukturierte, allgemein gültige Modellierung des Informationsflusses ohne Berücksichtigung der für die Datenerfassung, Datenverarbeitung und Datenweitergabe einzusetzenden Werkzeuge, aber im Hinblick auf Datendurchgängigkeit, bereits die Basis für den BIM-Prozess liefert.

### **3.4 Erstellung des BIM-Prozesses in der Lebenszyklusphase der Bauausführung**

Das vom Lehr- und Forschungsgebiet Baubetrieb und Bauwirtschaft aufgestellte strategische Prozessmodell muss derart strukturiert sein, dass sich die Prozesse aus dem gegenständigen Forschungsprojekt eingliedern lassen. Zugleich muss zwecks paralleler Bearbeitung eine eindeutige Abgrenzung zwischen Zuständigkeitsbereichen möglich sein.

Nachfolgende Abbildung verdeutlicht die für alle Projekte zum Thema BIM des LuFG BB gewählte Prozessstruktur (Abbildung 4). Im oberen Bereich befinden sich die Lebenszyklusphasen einer Immobilie, denen die Forschungsprojekte zugeordnet sind. Das Forschungsprojekt „BIM-Prozesse-Realisierung“ fokussiert sich auf die Lebenszyklusphase der Realisierung. Es betrachtet

den Informationsfluss aus Sicht der ausführenden Unternehmen sowohl unternehmensintern als auch zu den angrenzenden Lebenszyklusphasen der Planung und des Betriebs. Der Detaillierungsgrad reicht durchgehend bis auf Ebene 4.

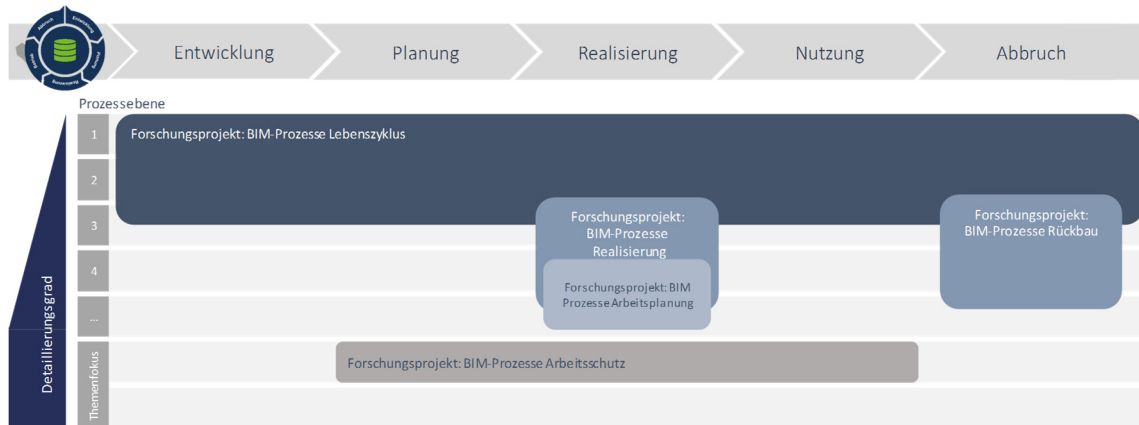


Abbildung 4: Prozessstruktur und Einordnung der Forschungsprojekte

### 3.5 Der Informationsprozess als Teil des BIM-Prozesses

Grundsätzlich haben die Verfasser unter Auswertung bisheriger BIM-Definitionen und Erkenntnisse definiert, dass der BIM-Soll-Prozess eine Kombination aus dem Ist-Prozess, dem sog. BIM-unabhängigen Informationsfluss, und dem technischen Informationsmanagementprozess sein wird.

- Der inhaltliche Informationsfluss beantwortet hierbei die Frage „Wer braucht welche Information von wem wann wofür, und welches Werkzeug kann für die BIM-Anwendung genutzt werden?“
- Der Informationsmanagementprozess beantwortet, u.a. gemäß ISO 19650 Part 2, die Frage „Wer muss was tun, damit Informationen generiert und verfügbar gemacht werden können?“

#### Analyse der bisher aufgenommenen Ist-Prozesse

Die Analyse der Ist-Prozesse beinhaltete die Ermittlung und klassifizierte Aufstellung der Informationsbedarfsliste der Beteiligten sowie die In- und Output-Objekte der Ist-Prozesse, um einen

datendurchgängigen Informationsfluss zu erzeugen. Im darauffolgenden Arbeitsschritt werden aus diesen beiden Informationscontainern, unter Berücksichtigung der internationalen Normen, Richtlinien und Attributkataloge die Informations-Cluster aufgestellt und definiert. Hieraus werden dann die In- und Output-Informationen klassifiziert aufgestellt und in Einklang mit den zugehörigen Ist-Prozessen abgebildet (Abbildung 5).

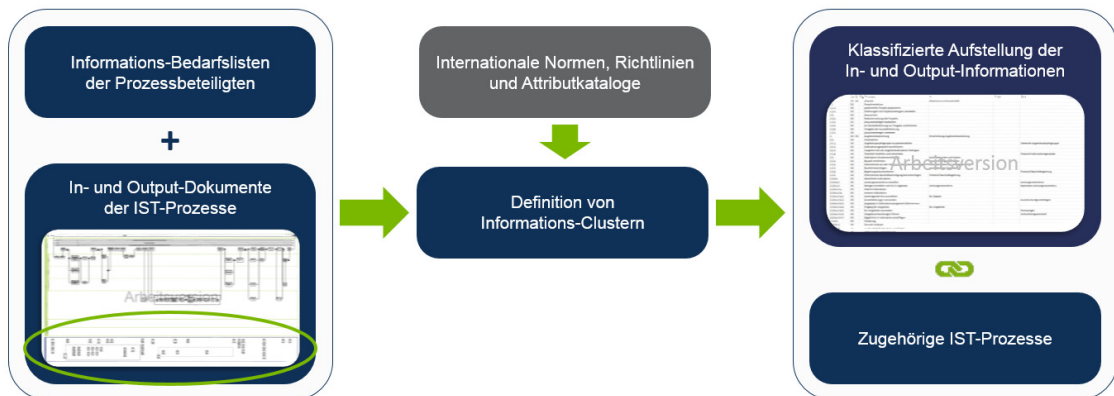


Abbildung 5: Vorgehen bei der Ist-Prozessanalyse im Projekt

Die Betrachtung der bisher aufgenommenen Prozesse zu Beginn der zuvor beschriebenen Arbeitsschritte ergibt, dass die auf Grundlage von Verantwortlichkeiten aufgestellten und untereinander abgegrenzten Prozesse zum Teil mehrere oder keine eindeutigen Erzeugnisse (Outputs) besitzen. Informations-Listen die aus diesen Prozessen heraus aufgestellt würden, enthielten zwar alle gesammelten Informationen, hätten aber keinen Eins-zu-eins-Bezug zum Prozessmodell. Dementsprechend entfielen damit der gewünschte Effekt der nachträglichen Nachvollziehbarkeit. Hinzu kommt, dass eine Zuordnung von Verantwortlichkeiten bei kleineren Organisationseinheiten als Unternehmen nicht allgemeingültig umzusetzen ist, da jedes Unternehmen seine Gliederung in beispielsweise Abteilungen frei wählen kann. Vor diesen Hintergründen erachten die Verfasser das Clustern der Prozesse nach Verantwortlichkeiten als ungeeignet.

### 3.6 Darstellung des BIM-Prozesses

Im Folgenden wird beispielhaft für ausgewählte Prozesse der definierte BIM-Prozess aufgezeigt. Mittels der Prozessmodellierungssoftware werden die Prozessketten über die Informationsoutputs miteinander in Beziehung gebracht und verknüpft. Hierbei gibt es innerhalb der Prozessmodellierungssoftware verschiedene Formen der Darstellung (Tabellen, Prozessdiagramme etc.). Die nachfolgende Darstellung verdeutlicht das Schema der Prozessebenen (Abbildung 6). Der Aufbau erfolgt hierbei über unterschiedliche Detaillierungsgrade. Die aufgestellten Lebenszyklusphasen Entwicklung, Planung, Realisierung, Betrieb und Abbruch entsprechen Ebene 0. Von den

darunter angeordneten Hauptprozessen – Ebene 1 – dient im Folgenden die *Vergabe der Bauausführung* aus der Phase der *Realisierung* als Beispiel, um den weiteren Aufbau zu beschreiben.

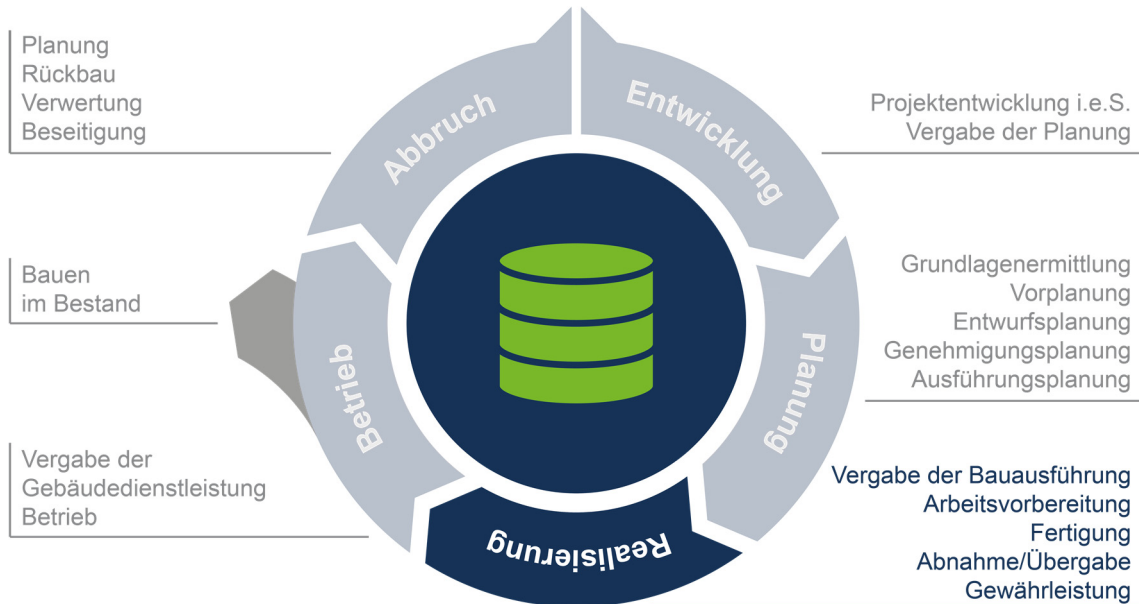


Abbildung 6: Schema der Prozessebenen 0 und 1

### 3.6.1 Vergabe der Bauausführung

Die *Vergabe der Bauausführung* ist auf Grund des gewählten Szenarios der öffentlichen Vergabe<sup>11</sup> der erste Prozess, in dem die Ausführungssphäre neben den anderen Sphären in die Wertschöpfungskette des Immobilienlebenszyklus eingreift. Das Forschungsprojekt steht in Beziehung zu einem weiteren Forschungsvorhaben mit dem Titel „BIM-basiertes Bauen im Prozess“. Über den Detaillierungsgrad der Ebene 3, der sog. Dokumentenebene werden die Prozessketten miteinander in Beziehung gebracht und ergänzen sich somit. Für die beispielhaft betrachtete *Vergabe der Bauausführung* hat sich im Rahmen beider Forschungsprojekte eine Unterteilung in drei Prozesse auf Ebene 2 ergeben:

- Projekt akquirieren
- Angebot erstellen
- Vertrag abschließen

<sup>11</sup> Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 3.2

Der nachstehende Auszug aus der Prozesslandkarte zeigt die *Vergabe der Bauausführung* für den Hauptunternehmer mit dem Austausch zum Bauherren. Zur Verdeutlichung des Zusammenhangs der Prozessebenen und der Austauschebene (Ebene 3), ist der Prozess *Projekt akquirieren* (Ebene 2) geöffnet und gibt den Blick auf seine Teilprozesse auf Ebene 3 frei (Abbildung 7, Abbildung 8). Zudem sind für eine bessere Darstellung und Nachvollziehbarkeit die auf Ebene 3 zugewiesenen In- und Outputs visualisiert. Man erkennt auch, dass sowohl von der Sphäre aber auch andernorts erzeugte Informationen als Input fungieren und aus ihnen jeweils ein Output generiert wird. Andere zusätzlich an die Prozesse angehängte Informationen sind nicht visualisiert, können aber über den Webzugriff eingesehen oder später über Auswertungen in Form von Tabellen in beliebiger Zusammenstellung ausgegeben werden.

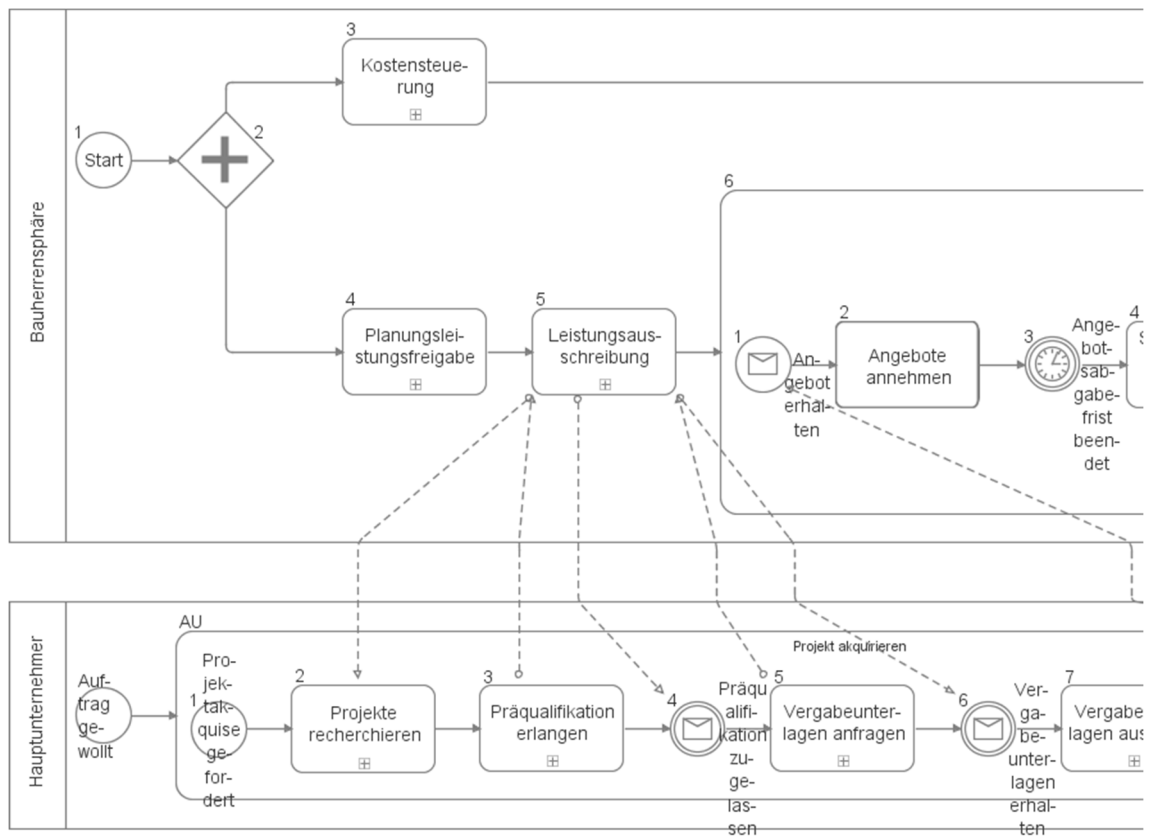


Abbildung 7: Prozess Vergabe der Bauausführung Teil 1

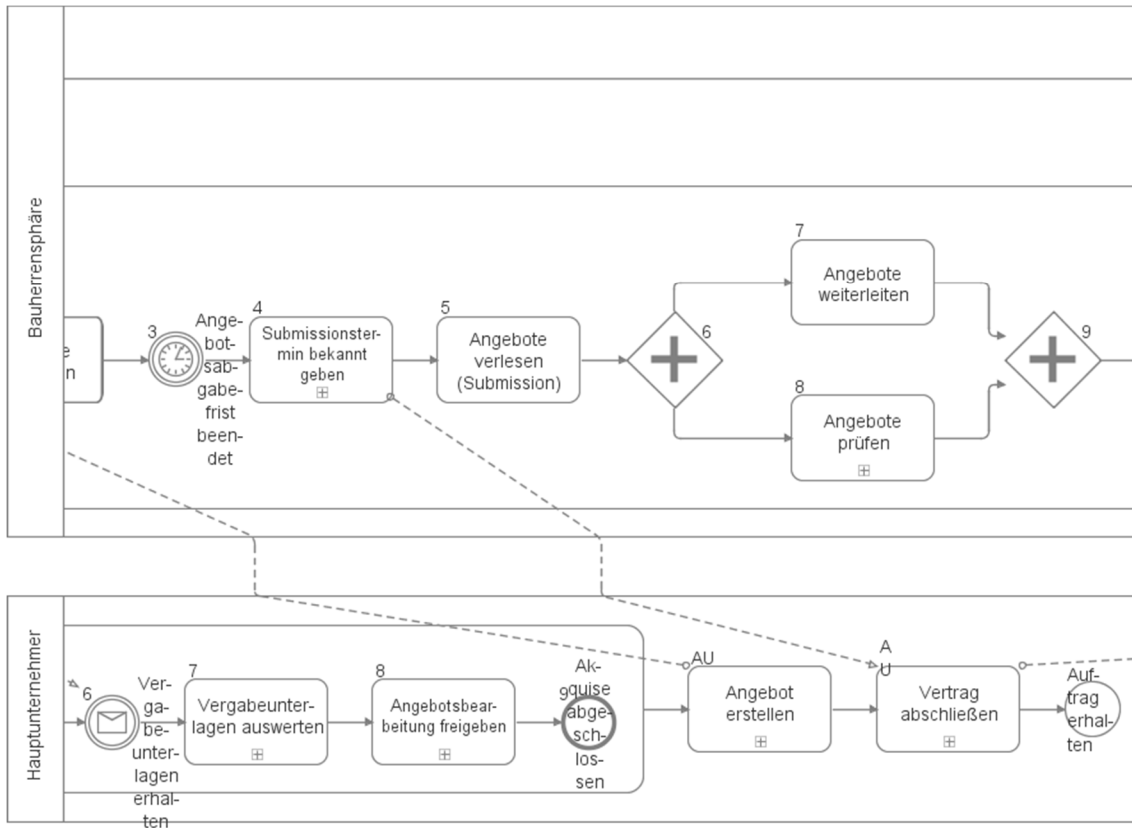


Abbildung 8: Prozess Vergabe der Bauausführung Teil 2

Über die Aufstellung der Prozesse aus Sicht der Ausführenden und der Anbindung an die Prozesse des Lebenszyklus' hinaus ist auch die Einbindung von Prozessen der übergreifenden fachspezifischen Projekte wie dem *BIM und Arbeitsschutz* von Bedeutung. Ziel ist es, durch enge Zusammenarbeit die in den Projekten vorhandenen, zum Teil losgelösten Prozesse unmittelbar in die gesamte Landschaft einzubinden. Die folgende Grafik zeigt dies beispielhaft (Abbildung 9):

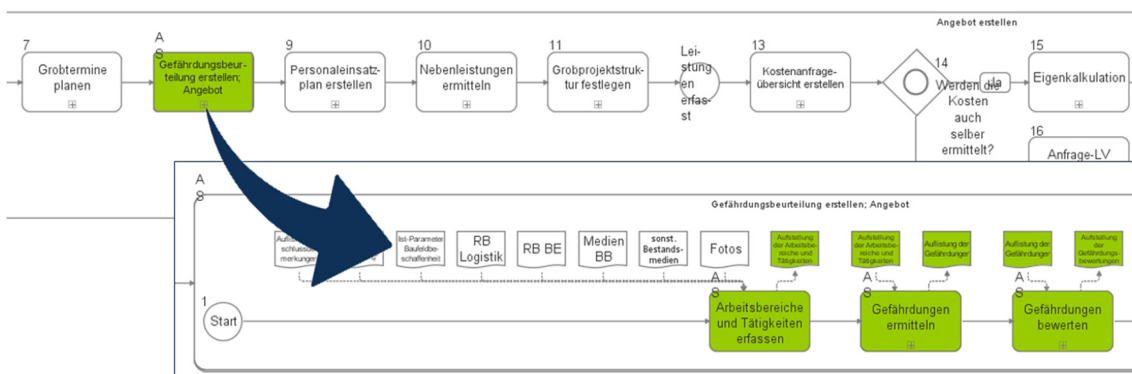


Abbildung 9 Einbindung Prozesse Arbeitsschutz in die der Bauausführung



Während der Angebotsbearbeitung muss in dem Fall der Hauptunternehmer die Gefährdungen auf der Baustelle ermitteln, bewerten und Maßnahmen festlegen (Prozesse hier grün hervorgehoben). Dies ist allein für die Abgabe eines korrekten Angebotes erforderlich, da er diese Maßnahmen kostenseitig berücksichtigen muss.

### **3.6.2 Die Methode BIM aus Sicht der Ausschreibenden**

Das Kapitel soll Wege aufzeigen, wie mit der Methode BIM und ihren Werkzeugen eine Ausschreibung ggf. auch produktneutral generiert werden kann. Ausgangspunkt der Betrachtung sind dabei die Möglichkeiten der unterschiedlichsten Fachmodelle der jeweiligen Planer für Objekt- und Tragwerksplanung sowie der Technischen Gebäudeausrüstung. Auf deren Basis sollen im Sinne der Prozessoptimierung möglichst weitestgehend automatisiert Leistungsverzeichnisse erstellt, mit Mengen versehen und in der gewünschten Form ausgegeben werden. Zusätzlich finden Aspekte der Kostenschätzung Beachtung.

#### **3.6.2.1 Ausgangspunkt Modell**

Das Erstellen von Leistungsverzeichnissen mit der Methode BIM unterscheidet sich im Wesentlichen von der konventionellen Variante mit vektoruell erzeugten Bauwerkszeichnungen oder objektorientierten Bauwerksinformationsmodellen durch den objektbasierten Aufbau. Auch bei vektoriellen 3D-Modellen bedarf es einer menschlichen Intelligenz, um den Volumenkörpern Informationen über die Abmessungen und Schraffuren hinaus zuzuordnen. Bei der objektorientierten Modellierung ist es möglich, den Elementen unmittelbar beliebige Eigenschaften zuzuweisen, wodurch eine Zuordnung von beispielsweise Leistungspositionen automatisiert und eindeutig erfolgen kann.

Die Modelle der Fachplanung können sich im Wesentlichen im Dateiformat, dem strukturellen Aufbau und der enthaltenen Informationen unterscheiden. Bei den Formaten unterscheidet man zunächst in nativ und herstellerneutral. Ein Modell im nativen Format entsteht bei jedem Speichervorgang in der Modellierungssoftware und besitzt eine entsprechende Dateierweiterung. Diese Variante bietet die vollständige Kompatibilität zum Programm und somit die Möglichkeit einer verlustfreien Ablage, Weitergabe sowie erneuten Öffnung. Dies gilt jedoch nur zwangsläufig für die Ausgangssoftware. Bei anderen Produkten ist man auf eine Schnittstelle zu dem expliziten nativen Format und die enthaltenen Funktionen angewiesen. Herstellerneutrale Formate hingegen haben zum Ziel, von möglichst vielen unterschiedlichen Software-Produkten geöffnet und ausgelesen werden zu können.

Im Bereich der Bauwerksinformationsmodelle finden hauptsächlich IFC und CPI-XML Verwendung. Problematisch im Hinblick auf die Datenweitergabe ist jedoch verallgemeinernd der Umstand, dass die Offenheit der Formate viele benutzerspezifische Möglichkeiten zur Informations-

Implementierung bietet. Dies bedeutet, dass der Absender dem Empfänger mitteilen muss, welche Informationen er wie und wo in die Datei eingepflegt hat, damit dieser auch seine benötigten Eigenschaften unmittelbar zur Verfügung hat.

Im Gegensatz zu den nativen Dateien sind darüber hinaus Änderungen und erneute Sicherungen nicht vorgesehen. Somit eignen sich die herstellernerutralen Formate lediglich zum einseitigen Datenaustausch.

Neben den Datenformaten sind, wie bereits erwähnt, auch die Modellstruktur und die enthaltenen Informationen maßgeblich für die Möglichkeiten der Weiterverwendung von Modellen. Bestimmungen hierzu sowie zur Detailtiefe sollten in entsprechenden Modellierungsrichtlinien festgehalten werden. Nur wenn die benötigten Informationen auch an der dafür vorgesehenen Stelle enthalten sind, können sie mit automatisierten Programm-Routinen abgefragt, genutzt und ein noch höherer Mehrwert generiert werden.

Die Problematik besteht aktuell jedoch darin, dass es diesbezüglich keinen festgeschriebenen Standard gibt und somit die Festlegungen zumeist projektspezifisch oder unternehmensintern stattfinden. Lösungsansätze bieten die erläuterten, bereits existierenden Ordnungssysteme<sup>12</sup>.

### **3.6.2.2 Implementierung eines Modells in die AVA-Software**

Wie zu Anfang des Kapitels beschrieben, liegt einer der wesentlichen Vorteile der objektorientierten Modellierung in der automatisierbaren Verknüpfung von Objekten mit weiteren Informationen, wie beispielsweise Leistungspositionen. Je nach Ausgangssituation (Aufbau und Inhalt der Modelle) existieren verschiedene Möglichkeiten, die Zugehörigkeit maschinell zu generieren. Zum einen besteht die Möglichkeit, an der konventionellen Methode angelehnt, nachträglich über Attribute wie Materialien in der AVA-Software die Leistungspositionen zuzuordnen. Zum anderen ist es auch denkbar, bereits in der Modellierungssoftware Objekte konkreten Leistungen zuzuordnen, um später ein Leistungsverzeichnis weitestgehend automatisch zu erzeugen. Zunächst wird die von Softwareherstellern und Unternehmen in der Praxis am häufigsten gewählte Variante mittels AVA-Software betrachtet. Im Vorfeld ist dazu das Modell in dem jeweiligen Programm zur Verfügung zu stellen. Dabei kommen zumeist die bereits angesprochenen herstellernerutralen Datenformate wie IFC oder CPI-XML zum Einsatz, aber auch für native Datenformate gibt es Anwendungen der Softwarehersteller.

Die maßgebende Problematik bei der Implementierung der Modelle in die AVA-Software stellt die Überführung von Objekteigenschaften aus dem Modell dar, die für spätere automatisierte Prozesse benötigt werden. Der Grund dafür liegt in der Möglichkeit, dass Attribute im Modell und den

---

<sup>12</sup> Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 4.10

programmierten Routinen in der AVA-Software unterschiedlich benannt wurden. Stimmen die Bezeichnungen nicht überein, muss eine Zuordnung, das sogenannte Mapping erfolgen.

### 3.6.2.3 Mapping

Beim Mapping werden Attribute aus dem Modell händisch gleichbedeutenden Attributen in der AVA-Software zugeordnet. Mit der daraus resultierenden „Übersetzungstabelle“ kann man beliebig viele Modelle mit gleicher Attribut-Bezeichnung in die AVA-Software importieren und überschreibt die Werte der Modell-Eigenschaften in die den Routinen bekannten Parametern (Abbildung 9).

| Benennung im Modell | Mapping (Übersetzung)              | Benennung in AVA-Software |
|---------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Attribut A          | Attribut A = Attribut 3            | Attribut 3                |
| Attribut B          | Kein entsprechender Wert vorhanden | -                         |
| Attribut C          | Attribut C = Attribut 2            | Attribut 2                |
| Attribut D          | Attribut D = Attribut 4            | Attribut 4                |
| Attribut E          | Attribut E = Attribut 1            | Attribut 1                |

Abbildung 10: Schema Mapping

### 3.6.2.4 Bemusterung

Anhand der Attribute wie Material, Festigkeitsklasse o.ä. und in der AVA-Software definierter Profile erfolgt die Bemusterung. Dabei wird sich eines vorgefertigten Kataloges mit diversen Leistungspositionen bedient.

Zusätzlich zu den Leistungstexten und ggf. auch Kostenansätzen sind hier für eine automatisierte Zuordnung im Projekt Zuordnungs-Parameter zu bestimmen. Diese beziehen sich auf Attribute der aus dem Modell eingefügten Objekte, wie beispielsweise Material, Festigkeitsklasse oder ähnliches. Besitzt bei den späteren Abfragen ein Objekt die aufgeführten Attribute mit den gleichen Werten wie in der Leistungsposition eingestellt, wird sie dem Bauteil zugeordnet.

An dieser Stelle verdeutlicht sich nochmals die Bedeutung einer einheitlichen Benennung und Eingabe von Attributen, da bei Schreibfehlern etc. eine Übereinstimmung und somit die Zuordnung nicht mehr gegeben ist.

Der zumeist gewählte Lösungsansatz besteht in der Vordefinition von Auswahlfeldern bei der Modellierung (z.B. Dropdown-Listen für Begriffe oder Schieberegler/Pfeilfelder für Zahlenwerte). Auf diesem Weg erfolgt zwar keine händische Eingabe über die Tastatur, wodurch Tippfehler eliminiert werden, es müssen jedoch alle benötigten Werte im Vorfeld eingepflegt sein, damit sie bei der Projektarbeit genutzt werden können.

### **3.6.2.5 Standardisierte Zuordnung**

Alternativ zu einer projekt- oder firmenspezifischen Bemusterung besteht über „STLB-Bau Dynamische BauDaten“ die Möglichkeit einer standardisierten Zuordnung von vordefinierten Leistungspositionen nach STLB-Bau. STLB-Bau Dynamische BauDaten wird aufgestellt von Arbeitskreisen des Gemeinsamen Ausschuss Elektronik im Bauwesen (GAEB), in welchen rund 700 Experten aus Wirtschaft, Spitzenverbänden und Verwaltung ihr Wissen einbringen. STLB-Bau Dynamische BauDaten wird durch die Dr. Schiller & Partner GmbH datentechnisch umgesetzt und durch das DIN Deutsches Institut für Normung e.V. herausgegeben. Bei Ausschreibungen der Öffentlichen Hand ist STLB-Bau seit 1998 verbindlich. Über diesen Weg stehen per Onlinezugriff, mit einer zweimal pro Jahr aktualisierten Datenbank, standardisierte Leistungstexte bereit. Über eine logisch gefilterte Auswahlmaske werden die Teilleistungen zu Leistungspositionen zusammengestellt.

Eine Besonderheit ist die durch die Standardisierung ermöglichte Generierung einer ID im Hintergrund. Sie stellt einen Schlüssel für die getroffenen Auswahlen dar, der wiederum rückwärtig entschlüsselt werden kann. Daraus ergeben sich mehrere Bearbeitungsvorteile:

- Objekte können zu einem früheren Projektstand auch nur teilweise bemustert werden. Die Vervollständigung kann später
  1. vom Auftraggeber vorgenommen werden oder
  2. durch den Anbietenden erfolgen.
- Eine nachträgliche Abänderung (auch durch einen Kollegen) ist erleichtert möglich.
- Automatisierte Bepreisungen sind über hinterlegte Einzelkosten der Teilleistungen (EKTs) detaillierter und einfacher möglich.

Aus den genannten Punkten ergäbe sich zudem die Option, die Schlüssel von teilweise bemusterten Objekten direkt in die Elemente der Modellierungssoftware einzupflegen. Auf diesem Wege würden die Positionen und somit das Leistungsverzeichnis bereits bei der Modellierung maßgeblich vorgefertigt. Berücksichtigt man zusätzlich die Vision, dass Hersteller verschiedenster Bauelemente auch die entsprechenden Planungsobjekte zur Modellierung zum Download anbieten, könnten bereits hier Teile der STLB-Bau-Leistungen definiert werden. Dadurch wären von den Herstellern vorgesehene Einbaumaßnahmen bereits voreingestellt, und eine Abweichung müsste aktiv angeordnet werden.

### 3.6.2.6 Mengenermittlung

Die BIM-basierte Mengenermittlung ist eine BIM-Anwendung, um das BIM-Ziel der schnelleren Mengenermittlung zu erreichen. Die Rechenregeln legen die Berechnungsgrundlagen und Abzugsregeln fest. So werden Öffnungen in Bauteilen je nach ihrer Größe entweder der Fläche eines Bauteils hinzugerechnet oder abgezogen. Diese Rechenregeln sind aufgrund der bislang manuellen Durchführung der Berechnung und Prüfung von Mengen auf die manuelle Arbeitsweise angepasst und von diesen entscheidend geprägt. Für solche Regeln werden die Öffnungen in einem Bauteil als geometrischer Körper benötigt, sodass Flächen und Volumen berechnet werden können. Je nach Struktur und Bearbeitungsschwerpunkten in einem Unternehmen bestehen an diversen Stellen Möglichkeiten zur modellbasierten Mengenermittlung (Abbildung 11).

| Mengen                 | Exakt    | VOB-gerecht       | Abweichungen  |
|------------------------|----------|-------------------|---|
| Modellierungs-Software | Standard | Gewöhnlich Add-On | Je nach Erzeugung der Volumenkörper                           |
| AVA-Software           | möglich  | QTOs              | Bei Neuberechnung der Volumenkörper zusätzliche Ungenauigkeit |

Abbildung 11: Möglichkeiten modellbasierter Modellermittlungen

Die Leistungen des Ausbaus werden aus Bauteilen raumbezogen ermittelt. Das heißt, die Oberfläche und damit auch die zu erbringende Leistung kann für ein Bauteil auf einer Seitenfläche eine andere sein als auf einer anderen Seitenfläche. Dies setzt einen Raum als geometrisches Objekt voraus, für den die Kontaktflächen zu angrenzenden Bauteilen berechnet werden können.

Die Kontaktflächen zwischen einem Raum und einem Bauteil, wie zum Beispiel einer Wand, bestimmen dann die Menge der zu erbringenden Leistung. Ebenso sind die Beziehungen zwischen den Bauteilen erforderlich. Zu diesen Beziehungen gehören zum Beispiel „ist enthalten in“, aber

auch Beziehungen, die sich zum Beispiel aus den Kontakten zwischen Bauteilen ergeben (Abbildung 12). Die Kontakte werden verwendet, um in Abhängigkeit von Eigenschaften wie dem Material Leistungen zu berechnen.

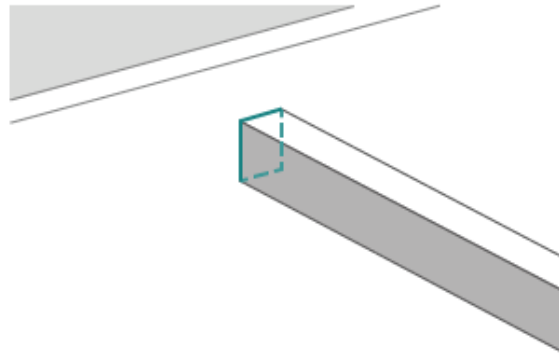


Abbildung 12: Beispiel Kontaktfäche

Die Bauteile eines Bauwerksinformationsmodells werden geometrisch beschrieben. In der Regel sind die Datenmodelle, die hier zur Anwendung kommen, Beschreibungen der Oberfläche mit einem Netz aus Dreiecken. Aus diesen geometrischen Körpern können geometrische Eigenschaften wie Längen, Flächen und Volumen berechnet werden. Voraussetzung ist die korrekte Geometrie und Topologie. Weiterhin werden Attribute der Objekte ausgewertet. Das sind Attribute, die geometrischen Eigenschaften wie zum Beispiel die Länge einer Wand, aber auch alphanumerische Eigenschaften, wie das Material eines Objekts, die Klassifizierung bezüglich der Lage (außen/innen) oder der Bauteiltyp (Wand, Stütze, Treppe, Fenster).

Je nachdem, wie gut das Modellierungswerkzeug an die Domäne des Bauwesens angepasst ist, werden die benötigten Eigenschaften in ausreichendem Umfang geliefert oder können im Modellierungswerkzeug zusätzlich vom Anwender eingegeben werden. Da nicht damit zu rechnen ist, dass alle erforderlichen Attribute vorhanden sind, müssen auch zu einem späteren Zeitpunkt im System für die Mengenermittlung die fehlenden Attribute im Modell ergänzt werden können.

### 3.6.2.7 Bereitstellungform der Ausschreibungsunterlagen

Als Arbeitsgrundlage für die Erstellung eines Angebotes (Kalkulation) können verschiedene Datensätze verwendet werden. Eine Grundlage der Datenbereitstellung ist das digitale Bauwerksinformationsmodell und das zugehörige Leistungsverzeichnis inklusive der hierfür erforderlichen Massen in Form einer GAEB-Datei.

Es wird zwischen den Bereitstellungen der Informationen in digitaler oder analoger Form bzw. die Unterscheidung zwischen den digitalen Formaten unterschieden. Die nachfolgende Abbildung stellt die verschiedenen Konstellationen der Zusammenstellung von Vergabeunterlagen dar (Abbildung 13).

|                                      | Grundlage: LV erstellen                 | Grundlage: LV bepreisen  |
|--------------------------------------|---|--|
| Analog                               | Pläne als PDF/auf Papier                | LV auf Papier  |
| Vektoriell<br>Bauwerks-<br>modellen  | Pläne aus CAD-Formaten                  | GAEB-Datei   |
| Bauwerks-<br>informations-<br>modell | Modelliertes Bauwerksinformationsmodell | GAEB-Datei<br>(Für Zukunft geplant mit direkter Verknüpfung zu Modellobjekten) |

Abbildung 13: Übersicht der Grundlagen für LV Erstellung und Bepreisung

Das Nachmodellieren eines für die Kalkulation erforderlichen Bauwerksinformationsmodells ist bei der Bereitstellung einer DWG bzw. DXF (vektoriell erstellte Dateien) einfacher als auf einer Grundlage von 2D-Plänen in Form von Papier oder PDF- bzw. JPG-Formaten. Dies beruht auf der Grundlage, dass die Modellierungssoftware vorhandene Zeichenmerkmale der CAD-Formate lesen und interpretieren kann. Diese Interpretation unterstützt in Form von Modellierungsvorschlägen den Ersteller des Bauwerksinformationsmodells.

### 3.6.2.8 Wege der Ausschreibungsübermittlung

Die für die Kalkulation erforderlichen Unterlagen können über verschiedene Wege und Medien dem Anbietenden zur Verfügung gestellt werden. Die Bereitstellung kann zum einen über einen eigens für das Vorhaben eingerichteten Projektraum (think project!, conjectPM etc.) erfolgen. Der Projektraum wird von den ausschreibenden Stellen für das Projekt eingerichtet. Die Zugriffsberechtigungen für die einzelnen am Projekt beteiligten Unternehmen werden individuell vergeben.

In einem weiteren Schritt werden die Projektdaten im Projektraum den Beteiligten zur Verfügung gestellt. Diese können dann die Dateien je nach zugewiesenen Zugriffsberechtigungen online bearbeiten oder auch downloaden. Nach erfolgreicher Bearbeitung nehmen die Unterlagen den gleichen Weg zurück vom Bewerber zum Ausschreibenden.

Eine weitere Möglichkeit der Bereitstellung der Dateien erfolgt über den elektronischen Versand (E-Mail etc.) oder durch die Bereitstellung auf einem Downloadserver, welcher prinzipiell eine vereinfachte Form des vorgenannten Projektraums darstellt. Hierbei bestehen jedoch nicht so umfassende Möglichkeiten der Regelung von Zugriffsrechten und anderer Einstellungen wie bei Projekträumen. Ebenso ist das Übergeben der digitalen Daten auf zugehörigen Medienträgern (DVD/Blu-ray etc.) möglich.

Der zum Teil heute noch genutzte Weg der Informationen in Form von analogen Daten wie z.B. Papierpläne, ausgedruckte Leistungsverzeichnisse etc. erfolgt über die Zusendung per Post oder bei einer persönlichen Übergabe.

### **3.6.3 Die Methode BIM aus Sicht der Anbietenden**

Die Erstellung des Angebots beginnt nach der Anforderung und Zusendung von entsprechenden Vergabe- und Bauteilunterlagen. Die Unterlagen können sich jedoch unterschiedlich zusammensetzen und somit den Aufwand zur Bearbeitung beeinflussen. Die Bereitstellung eines Bauwerksinformationsmodells kann in verschiedenen Datei-Formaten erfolgen. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass die zur Verfügung gestellten Unterlagen, in Bezug auf Pläne, als DWG/DXF-Datendatei, oder auch als 2D-Pläne (PDF-Datei) erfolgen.

#### **3.6.3.1 Das Modell als Grundlage**

Nach dem Erhalt der Dateien in Form eines modellierten 3D-Bauwerksinformationsmodells ist es für die nachfolgenden Arbeitsprozesse empfehlenswert, das Modell bezüglich seiner Datenkonsistenz zu überprüfen. Dies erfolgt über sogenannte Model-Checker. Die zur Anwendung kommenden Softwarepakete gleichen die Modelle auf Kollisionen der geometrischen Formen oder auf parametrischer Ebene ab. Die Bereitstellung der Modelle kann in verschiedenen Dateiformaten wie z.B. IFC, CPI XML etc. erfolgen. Unter Anwendung der zur Verfügung stehenden Softwareprodukte sind dann die für die Kalkulation notwendigen Parameter, wie zum Beispiel:

- Betonfestigkeitsklassen,
- Brandschutzklassen der Türen, etc.



zu überprüfen. Hierbei ist ebenfalls zu kontrollieren, ob die erforderlichen Parameter enthalten sind, und ob diese dann auch richtig benannt sind.

Ist das für die Kalkulation zugrundeliegende 3D-Bauwerksinformationsmodell in einem nativen Datenformat vorhanden, besteht gegebenenfalls die Möglichkeit, die für den eigenen Einsatz notwendige Parametrierung umzuarbeiten und in das Datenmodell entsprechend einzupflegen. Dies ist mit den entsprechenden Planungsbeteiligten abzustimmen, zu kommunizieren und von ihnen durchzuführen.

Erfolgt die Bereitstellung des Bauwerksinformationsmodells in Form eines IFC-Datenmodells, ist es wichtig zu wissen, welche Informationen = Entitäten an welchem Punkt in der IFC-Schnittstelle hinterlegt sind. Um das IFC-Datenmodell für die Kalkulation zu verwenden, ist das sogenannte Mapping erforderlich. Hierbei erfolgt eine Zuordnung der vorgenannten, in der IFC-Schnittstelle hinterlegten Informationen an die zur Anwendung kommenden, hausinternen Parameter. Um die Verknüpfung der externen Parameter mit den internen Parametern zu vereinfachen, ist man dazu übergegangen, sogenannte Model-View-Definition (MVD) aufzustellen.

### **3.6.3.2 LV Erstellung – Verknüpfung der Objekte bzw. Leistungspositionen mit den Kalkulationsansätzen (Bemusterung)**

In erster Linie wird das IFC-Modell für die Kontrolle der ausgewiesenen Mengen aus dem Leistungsverzeichnis herangezogen. Hierzu wird das Modell in die entsprechende Software eingelesen, und über eigens erstellte QTO-Abfragen erfolgt dann die Mengenermittlung.

### **3.6.3.3 Erstellung eines Angebotes/Kalkulation**

Ist der Abgleich der erforderlichen Daten erfolgt, sind die nachfolgenden Arbeitsschritte für die Erstellung des Angebotes mittels der Kalkulation durchzuführen:

- Erstellen einer Bauablaufstruktur (Vorgangmodell) unter Einbeziehung eines optimalen Bauverfahrens
- Generierung eines Leistungsverzeichnisses anhand der Bemusterung der einzelnen Bauteile und Räume.

Eine Möglichkeit der Angebotsbearbeitung bzw. der Kalkulation ist die Bepreisung eines vorhandenen Leistungsverzeichnisses und/oder der Bereitstellung eines Bauwerksinformationsmodells.

Für das weitere Vorgehen der Preisfindung des Bauwerks ist es notwendig, sofern kein Leistungsverzeichnis mitgesendet wurde, eben dieses aus dem Modell heraus zu erstellen. Hierbei wird das Bauwerk in sinnvolle Bauabschnitte, unter Ansatz eines für das Objekt optimierten Bauverfahrens, eingeteilt. In den weiteren Arbeitsschritten werden die einzelnen Bauteile und Räume mit den firmenindividuellen Leistungspaketen, in denen gleichzeitig Kostenansätze (z.B. Einzelkosten der Teilleistung = EKT) hinterlegt sind, händisch bemustert. Hier werden, neben der Erstellung der notwendigen Leistungsbeschreibung, die in der Kalkulation hinterlegten Zeit- und Preisansätze für Personal, Maschinen, Geräte und Material den modellierten Bauteilen bzw. den LV-Positionen zugeordnet und übertragen. Analog verhält es sich bei der Bereitstellung eines Leistungsverzeichnisses. Es werden ebenso die firmenindividuellen Kalkulationsansätze den einzelnen, erforderlichen und ausgeschriebenen Positionen zugeordnet, welche dann den Einheitspreis abbilden.

Bei der Art des Vorgehens der händischen Bemusterung des Bauwerksinformationsmodells und des hieraus generierten Leistungsverzeichnisses ergibt sich dann die Möglichkeit der Kontrolle des mitgelieferten Leistungsverzeichnisses. Über die eigens erstellte Bemusterung des Bauwerksinformationsmodells erhält man somit ein, aus Bauunternehmersicht, bauablaufoptimiertes und -orientiertes Leistungsverzeichnis. Ein Vergleich der beiden Leistungsverzeichnisse kann somit Alternativpositionen herleiten und in der Angebotsbearbeitung gegebenenfalls Lücken in der Ausschreibung, aus Sicht der Bauausführung, darlegen.

Ein weiterer Vorteil des Kalkulationsbemusterungsvorgangs entlang der modellierten Bauteile ist, dass ein strikter Vorgang anhand des tatsächlich zu erwartenden bzw. des gewählten Bauablaufs erfolgt. Hierbei können ggf. auch verschiedene Ausführungsvarianten aufgezeigt werden, anhand derer dann die Abschätzung des effektiveren und effizienteren Bauens möglich ist. Der ausgewählte Ansatz kann sich dann in der Preisbildung des Angebotes widerspiegeln.

#### **3.6.3.4 Standardleistungsbuch Bauwesen (STLB-Bau)**

Eine Besonderheit besteht in der Erstellung eines Leistungsverzeichnisses über das STLB-Bau. Hierbei wird eine digitale Signatur (ID) beim Erstellen des Leistungsverzeichnisses erstellt und über die GAEB-Schnittstelle mit an den Anbietenden übertragen. Die hinterlegte ID kann auf der Anbieterseite, sofern das Unternehmen auch mit dem STLB-Bau arbeitet, zu einer schnelleren Bearbeitung der Kalkulation führen. Die im STLB-Bau hinterlegten firmenspezifischen Kalkulationsansätze können über diese ID- Zuordnung automatisch angesprochen und eingelesen werden.

Bei einem auf Basis des STLB-Bau erstellten Leistungsverzeichnisses besteht bei Bedarf die Möglichkeit, dass die einzeln erstellten Leistungspositionen zunächst gröber angelegt und im Nachgang zunehmend mit detaillierten Angaben erweitert werden. Die angesprochene mitgesendete ID passt sich bei dem Vorgang automatisch an, und bei dem Abschluss der Beschreibung

der Leistung wird durch den Anbietenden eine neue ID bei Angebotsabgabe erstellt und mitgeschickt. Die Voraussetzung der ID-Übertragung ist wie oben bereits beschrieben, das GAEB-Datenformat.

### **3.6.3.5 Angebotserstellung – Kalkulation**

Bei der Angebotserstellung ist zwischen zwei verschiedenen Kalkulationsvorgehen zu unterscheiden: Die Angebotserstellung kann auf Grundlage von vorhandenen, firmenspezifisch erfassten und ermittelten Kenngrößen wie z.B. €/m<sup>3</sup> Umbauten Raum oder €/m<sup>2</sup> Wohn-Nutzfläche erfolgen. Oder die Kalkulation kann in differenzierter Form über die Einzelkosten der Teilleistung (EKT) erstellt werden. Für die Erstellung der Kalkulation ist es notwendig, gesicherte und marktgerechte Preise

1. der Materialien,
2. der erforderlichen Nachunterleistungen und
3. der zur Umsetzung benötigten Maschinen,
4. der anfallenden Kosten für die Anmietung von öffentlichen Flächen

zu erhalten. Hierfür kann das zur Verfügung gestellte Leistungsverzeichnis oder das aus dem bauablaufoptimierten Bauwerksinformationsmodell eigens erstellte Leistungsverzeichnis herangezogen werden. Zur weiteren visuellen Unterstützung ist das Bauwerksinformationsmodell entsprechend mit zur Verfügung zu stellen. Beispiel: Für die Einschätzung zum Beispiel eines Kranesinsatzes ist es möglich, einen entsprechend modellierten Kran in das Modell zu integrieren und den Anbietern zur Verfügung zu stellen.

### **3.6.3.6 Bauwerksinformationsmodell**

Durch die Bereitstellung des Bauwerksinformationsmodells wird die Möglichkeit einer besseren und genaueren Abschätzung der Arbeitsaufwendungen, sog. BIM-Ziele, erreicht. Ebenso werden hierdurch die Abschätzungen und Einteilung der Transport- und Lagermöglichkeiten, sog. BIM-Ziele, verbessert. Insgesamt lassen sich so die wesentlichen Faktoren Lohn und Gerät in der Kalkulation exakter abschätzen. Hiermit kann ein realistischer Bauwerkspreis ermittelt und dargestellt werden. Der Faktor Lohn ist hinter jeder Einzelaufwendung für die Errichtung des Bauwerks hinterlegt. Bei den zugrundeliegenden Stundenlohnansätzen ist dies in den meisten Positionen eine wesentliche Einflussgröße zur Abbildung des Einheitspreises. Der im Vorfeld realistischer abzuschätzender Geräteeinsatz wie z.B.

- Turmdrehkran,
- Hebebühnen,
- Teleskoplader,
- Betonpumpen,

kann ebenso als wesentliche Einflussgröße angesehen werden. Der Einsatz von unterstützenden Geräten durch Visualisierung im Modell, wie die eines Turmdrehkrans inklusive Darstellung eines Lastendiagramms, kann für die Festlegung eines optimierten, möglichen, zukünftigen Bauablaufs hilfreich sein. Ebenso die hierdurch zu erwartenden Aufwendungen für Miete und Mietdauer.

Die für die Kalkulation notwendigen firmenspezifischen Kalkulationsansätze sind in den zu der Software gehörenden Datenbanken erfasst und hinterlegt. Durch die heute zur Verfügung stehenden Techniken der Ist-Datenerfassung ist man in der Lage, die vorhandenen Datensätze der Zeitaufwendungen, Transportwege, Maschinenauslastung etc. kontinuierlich weiter zu detaillieren und konkretisieren. Diese liefern dann weitere firmenspezifisch fundierte Kostenansätze und ermöglichen so eine genauere Abschätzung und Abbildung des tatsächlich zu erwartenden Aufwandes für die Erstellung des Bauwerks.

Nach Vorliegen aller kalkulationsrelevanter Daten obliegt es dem Kalkulierenden, unter Einbeziehung der firmenspezifischen Kundenkonditionen und -modalitäten zu den einzelnen Lieferanten und Nachunternehmern, sowie der Einschätzung der Zuverlässigkeit in der Abwicklung der gemeinsamen Baumaßnahme, die entsprechende Auswahl der Preise für die Kalkulation zu treffen. Hierbei können die zurückgesendeten, digitalen Angebotspreise in die Software eingelesen und anhand der Einheitspreise vorab ausgewertet und beurteilt werden.

Unter Einbeziehung des gewählten bzw. am Modell ermittelten bauwerksoptimierten Bauablaufs und der ausgewerteten und festgelegten Preise für Material - Maschinen - Nachunternehmerleistungen werden die Einheitspreise zu den einzelnen Positionen vorkalkuliert. In enger Abstimmung mit dem zu erwartenden Bauablauf und ggf. vorhandenen und vorgeschriebenen Fertigstellungstermin werden dann die Einheitspreise der einzelnen Leistungspositionen fertig kalkuliert. Zur Fertigstellung des Angebotes sind noch die Abschätzung bzw. Einschätzung

- des Gesamtbauwerksrisikos,
- der Marktpreisbewegung,
- der Marktauslastung,
- der Mitbewerberanzahl,

- der firmeninternen Auslastung und
- der kundenbezogenen, persönlichen Einschätzung

einzubeziehen. Diese, nicht zuletzt meistens bauwerkspreisbildende Entscheidungen, können über mehrere kalkulationshinterlegte Faktoren der Einheitspreisbildung, wie EKT-Aufschlag, Wagnis und Gewinn gesteuert werden.

#### **3.6.3.7 Angebotsabgabe (GAEB, Modell)**

Nach Fertigstellung der Kalkulation kann man die Angebotsabgabe, wie auch schon die Bereitstellung der Unterlagen, auf folgenden Wegen:

- Ausdruck des Angebotes in Papierform,
- Bereitstellung als PDF-Dokument,
- Bereitstellung als GAEB-Datei,
- Bereitstellung im Projektraum,

den ausschreibenden Stellen zur Verfügung stellen.

#### **3.6.4 Arbeitsvorbereitung, Fertigung, Abnahme/Übergabe und Gewährleistung**

Die restliche Phase der Realisierung gliedert sich in die

- Arbeitsvorbereitung
- Fertigung
- Abnahme
- Gewährleistung

#### **3.6.5 Die Methode BIM aus Sicht der Ausführenden**

Die verschiedenen zur Verfügung stehenden Bauwerksinformationsmodelle bzw. Fachmodelle können sinnvoll in der Umsetzung der Baumaßnahme eingesetzt werden. Sie werden unter anderem für die BIM-Ziele

1. Visualisierung des Bauablaufs über die
2. rechtzeitigen Bestellungen von Materialien bis hin
3. zur schnelleren Abrechnung und dem
4. genaueren Controlling eingesetzt und verwendet.

Weiterhin ist es für die Bauausführung notwendig, die für die Umsetzung erforderlichen bzw. unterstützenden Softwareprogramme zur Verfügung zu haben und diese anwenden zu können. Um ein ortsunabhängiges und baustellenübergreifendes Arbeiten zu ermöglichen und auf diese Weise die Kommunikation und den Informationsstand der Beteiligten weiter zu verbessern, besteht die Möglichkeit, über Server vernetzt miteinander zu arbeiten und zu kommunizieren. Hierbei werden die notwendigen Dateien und Programme geräteunabhängig und ggf. webbasiert bereitgestellt. Auf diesem Weg werden alle am Bauwerk beteiligten Unternehmen, Personen und Institutionen eingebunden und am BIM-Prozess beteiligt.

#### **3.6.5.1 Wie werden die Daten zur Verfügung gestellt**

Die für die Umsetzung des Projektes erforderlichen Unterlagen bzw. Daten können über verschiedene Wege und Medien dem Ausführenden zur Verfügung gestellt werden. Die Bereitstellung kann zum einen über eigens für das Vorhaben eingerichtete Projekträume erfolgen als auch über lokale Datenträger oder hausinterne Server.

#### **3.6.5.2 Arbeitsvorbereitung**

Die von den Unternehmen gegebenenfalls eigens erstellten Modelle bzw. die von der ausschreibenden Stelle zur Verfügung gestellten Bauwerksinformationsmodelle werden von der Bauleitung oder den zuständigen hausinternen Abteilungen für

1. die Bauzeitenplanerstellung,
2. die Bauablaufvisualisierung,
3. die Materialbestellung bzw.
4. die für den Einsatz notwendigen Maschinen und Geräten,
5. Nachunternehmereinsatz,
6. Lagerplatzmanagement etc. verwendet.

### **3.6.5.3 Erstellung eines Bauzeitenplans und Bauablaufvisualisierung**

Über die in der Kalkulation hinterlegten Ansätze der Einzelkosten der Teilleistungen oder aufgrund von Erfahrungswerten sowie der im Modell hinterlegten Objektbeziehungen und des gewählten Bauverfahrens ist die Erstellung von Bauzeitenplänen und Bauablaufvisualisierungen möglich. An dieser Stelle sei angemerkt, dass vielerorts von einer „Bauablaufsimulation“ gesprochen wird. Für die Darstellung einer Simulation des Bauablaufs sind ebenfalls unkalkulierbare, baubegleitende Umstände wie Witterung und Lieferverzögerung mit einzubeziehen.

Die Erstellung eines modellbasierten Bauzeitenplans kann neben den zur Verfügung stehenden Softwarepaketen über die Einbindung weiterer fachspezifischer Softwareprodukte erfolgen. Für die Erstellung des Bauzeitenplanes und dessen Darstellung in Form der vorgenannten Bauablaufvisualisierung ist die Einteilung des Bauwerkes in sinnvolle Takte, somit in fertigzustellende Einzelabschnitte erforderlich. Hierdurch kann nochmal eine verbesserte Herangehensweise in der Umsetzung eintreten. Durch die modellbasierte Herangehensweise der Abstimmung der Einzelbautakte sowie deren frühzeitig erkennbarer Abhängigkeiten untereinander aufgrund der hinterlegten Eigenschaften und deren Visualisierung besteht die Möglichkeit, hieraus einen noch fehlerfreieren Bau- und Logistikablauf herzuleiten und einen monetären Mehrwert zu generieren.

### **3.6.5.4 Bestellungen und Lagerplatzmanagement**

Um die Bestellungen zeitnah und mit ausreichendem Vorlauf abzurufen, sind die einzelnen modellierten Objekte mit dem Bauzeitenplan über Datenbankverknüpfungen verbunden. Die notwendigen Vorlaufzeiten kritischer Lieferungen, inklusive individuell mit der Bauleitung abgestimmter Pufferzeiträume, könnten in den Datenbanken hinterlegt werden. Hierdurch erhielte man die visuelle Kontrolle über den notwendigen Vorlauf für die Bestellungen und erforderlichen Abstimmungen der Einzelheiten für die gegebenenfalls gewünschten, individuellen Kundenwünsche in der Oberflächengestaltung. Je nach Modellierungsdetailtiefe der Bauteile bekommt man die Möglichkeit, den anfallenden Verschnitt zu reduzieren und die optimaleren Profillängen und -anzahl sowie Plattenabmessungen und -anzahl, in erster Linie händisch, zu ermitteln. Auf diese Weise lassen sich angepasste Lieferpakete bilden. Durch dieses Mittel zur Darstellung können dann auch die Einzelpakete für die Erstellung der Wand am Lagerplatz vorkonfektioniert und zu den Einbauorten transportiert werden.

Beispiel Trockenbauwand: Ist die Trockenbauwand anhand ihrer Einzelbauteile (Boden- und Deckenprofile, Ständer und Beplankung) modelliert, bekommt man die Grundlage für eine genauere Mengenermittlung der Einzelbauteile. Hier lassen sich dann die möglichen Einzelprofillängen anhand des zu minimierenden Verschnitts und der Lagerplatzmöglichkeit im Raum und der Abhängigkeit zum Transportweg besser ermitteln. Zusätzlich ist es möglich, abgestimmte Lieferungen mittels der RFID-Technik bei

1. der Produktion bzw.

2. der Herstellung der Produkte wie z.B. Betonfertigteilewände, Spannbetondecken etc.,
3. der Verpackung und Aufladung wie z.B. der Materialien, Maschinen, Geräte etc., zur Anlieferung zu taggen.

Dies ermöglicht eine baustellenübergreifende Koordinierung und Darstellung der Logistik. Unter Ansatz eines vorhandenen Bauwerksinformationsmodells und dem Hinzufügen eines 3D-modellierten Geländes erhält man weitere Anhaltspunkte zur Einschätzung und Abstimmung in der

1. Logistikkoordination,
2. Lagerplatzgestaltung,
3. Lieferwegabstimmung etc.

Diese Aufbereitung unter Einbindung eines z.B. im Modell dargestellten Krans, inklusive Lastdiagramminformation, führt zu einer verbesserten, gewerkübergreifenden Koordination und Abstimmung. Hierdurch lässt sich das Lagerplatzmanagement effizienter gestalten und nutzen.

Durch die abgestimmte Einteilung des Bauwerks in Takte wie auch das Herunterbrechen dieser auf einzelne Fertigstellungstermine von Bauteilen und deren Darstellung in der Bauablaufvisualisierung bekommt man Koordinationsmittel an die Hand, die für das Lagerplatzmanagement innerhalb des Gebäudes genutzt werden können. Dies auch in Abhängigkeit zu den einzelnen Ausbauständen bzw. Fertigstellungsterminen.

#### **3.6.5.5 BIM 2 Field (mögliche Arbeitsweisen der Bauleitung)**

Es gibt eine Vielzahl von möglichen Einsatzbereichen unter Anwendung der modellbasierten Bauleitung wie z.B.:

1. Leistungsmeldung
2. Abrechnung
3. Mängelmanagement
4. Controlling
5. Revisionsunterlagen etc.

#### **3.6.5.6 Modellbasierte Leistungsmeldung – Abrechnung – Mängelmanagement**

Der Einsatz der Bauwerksinformationsmodelle wird in gleicher Weise für



1. die Leistungsmeldung,
2. die Abrechnung und
3. das Mängelmanagement herangezogen.

Diesbezüglich werden die Verbindungen zwischen den modellierten Bauteilen und den Leistungspositionen verwendet. Unter Verwendung der RFID-, QR-Code-, Barcode-Methoden etc. können die einzeln erstellten Bauteile auch mit dem Modell und demzufolge mit den Leistungspositionen in Beziehung gestellt werden. Hierdurch werden die Bauleitung = Leistungsmeldenden anhand des Modells visuell unterstützt. In gleichem Maße werden den Rechnungs- und Massenprüfenden, anhand des Bauwerksinformationsmodells, die Verbindungen zwischen den abgerechneten Leistungen und den Bauwerksbauteilen visuell dargestellt. Dies ermöglicht auf beiden Seiten eine schnellere, effizientere Zusammenarbeit. Gleichzeitig bekommt man die Mittel an die Hand für die Darstellung und Visualisierung des aktuellen Baustellenstands.

Wie bereits erwähnt, besteht die Möglichkeit, die Bauteile auf unterschiedliche Weise zu taggen und diese mit den Modellbauteilen in Verbindung zu bringen, visuell darzustellen sowie Informationen über eine verknüpfte Datenbank den Projektbeteiligten bzw. Verantwortlichen zur Verfügung zu stellen.

Eine weitere Form der Nutzung und Umsetzung besteht im Mängelmanagement. In Kombination mit dem getaggen Bauteil und einem vor Ort erstellten Foto bekommt man den Zusammenhang zwischen dem mangelbehafteten Bauteil im Modell und dem tatsächlich vor Ort vorhandenen Mangel. Hierdurch erhalten alle Beteiligten eine gute Darstellung und Verwaltung. Dies ermöglicht eine effektivere Behebung, und der Umgang in der Kommunikation wird aufgewertet. Diese Art des Baustellenmängelmanagements kann ebenfalls für fehlerhafte Materialanlieferungen durch Logistikunternehmen oder der Lieferanten selbst herangezogen werden. In Verbindung mit dem modellbasierten Lagermanagement erhält man hier den Lagerort als Darstellung.

#### **3.6.5.7 Controlling**

Durch die Kopplung der aus dem Angebot ermittelten Aufwendungen mit dem Bauzeitenplan, und auch der Bauablaufvisualisierung, ist dann die Darstellung eines sich über die Errichtung des Bauwerks entwickelnden Kostenplans umsetzbar. Gleichzeitig lässt sich dann auch der vorab kalkulierte und zu erwartende Gewinn entlang der Bauzeit abbilden. Dies kann gleichzeitig auch für die Darstellung der zu erwartenden Aufwendungen gegenüber Dritten herangezogen werden. Eine weitere Verbindung über die Datenbankverknüpfungen der tatsächlich anfallenden und zu buchenden Aufwendungen in Form von

1. Lohnstunden,
2. Materialeinkauf,
3. Maschinenmiete,
4. Nachunternehmerleistung etc.

mit dem Baustellenstand, anhand der Leistungsmeldung (Modellbasierte Leistungsmeldung – Abrechnung – Mängelmanagement), bietet die Möglichkeit des visuellen Soll-Ist-Vergleichs. Hierdurch bekommt man die Mittel für eine effektivere Mitkalkulation bzw. Nachkalkulation. Man ist infolgedessen in der Lage, schneller und aktiver in den Bauablauf einzugreifen und korrigierend tätig zu werden. Weiterhin ist dann der sich tatsächlich einzustellende Gewinn im Zuge des Bauablaufes visuell darstellbar.

In einer weiteren Betrachtung bekommt man die Möglichkeit, unplanmäßige Verzögerungen schneller zu beurteilen und deren Auswirkungen zu bewerten, gefolgt von der schnelleren Abwicklung des Nachtragsmanagements.

#### **3.6.5.8 Revisionsunterlagen**

Die Erstellung von Revisionsunterlagen bzw. das Erstellen eines Revisionsmodells kann ebenso zu den Aufgaben der Bauleitung gehören. Hierbei können dem zugrundeliegenden Modell bzw. den hierin enthaltenen, modellierten Bauteilen weitere Informationen angehängt werden. Ebenso besteht die Alternative auch darin, diese vor Ort aufgemessenen und aufgenommenen Daten und Informationen über Verknüpfungen der revisionsbehafteten Bauteile mit den zugehörigen Datenbanken herzustellen. Hierdurch erhalten wir für alle am Bauprozess Beteiligten eine weitere Datendurchgängigkeit und Verfügbarkeit. Dies gilt auch für nachfolgende Prozesse in der Nutzung des Bauwerks.

## 4 Anforderungskatalog

Kernziel des gegenständigen Forschungsprojektes war die Entwicklung eines standardisierten Anforderungskatalogs an Bauwerksinformationsmodelle aus Sicht der Bauausführung. Im nachstehenden Kapitel sind die Ergebnisse des prozessbasierten Entwicklungsansatzes dargestellt.

### 4.1 Anforderungen im Kontext der Methode BIM

Im Zusammenhang mit der Methode BIM wird das Ziel verfolgt, einen durchgängigen Informationsfluss zwischen allen Projektbeteiligten zu erzeugen. Zu diesem Zweck werden über die Auftraggeber-Informationen-Anforderungen (AIA) Anforderungen eines Auftraggebers an die Projektbeteiligten definiert, um Informationen digital zu erfassen, zu verarbeiten, weiterzugeben, zu kontrollieren, freizugeben und zu archivieren. Diese Anforderungen im Kontext der Methode BIM entsprechen den im Grundlagenteil definierten BIM-Anforderungen. Sie resultieren zu einem wesentlichen Teil aus der technischen Umsetzung eines fachlichen Informationsprozesses unter Anwendung der Methode BIM.

Der Umfang der aufgestellten BIM-Anforderungen hängt zum einen unmittelbar von der Anzahl der aufgenommenen BIM-Anwendungen und deren technischer Gestaltung ab. Zum anderen hat der Anspruch des Auftraggebers hinsichtlich des Detaillierungsgrades der Informationen einen erheblichen Einfluss. Dies soll im Folgenden an einem beispielhaften Ablauf der modellbasierten Mengenermittlung verdeutlicht werden, die i.d.R. einen zentralen Prozess in der Projektabwicklung mit BIM darstellt (Kap. Darstellung des BIM-Prozesses 3.6).

Der gewählte Ablauf sieht zunächst eine Erzeugung des Bauwerksinformationsmodells in einer Modellierungssoftware vor. Im Anschluss daran soll das Modell über einen Export in ein Austauschformat in eine AVA-Software transportiert werden, um dort die Mengen aus dem Modell zu ermitteln (Abbildung 14).

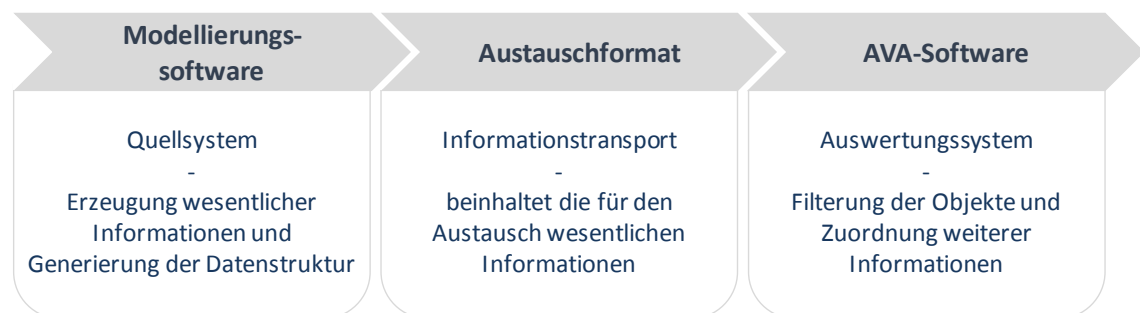


Abbildung 14: Schema Beispielprozess Mengenermittlung

Bei der Modellierung wird im Modell eine Struktur der Modellobjekte erzeugt. Sie wird beeinflusst von Festlegungen, welche Bestandteile als eigenes Objekt platziert oder über eine entsprechende Attribuierung bei anderen Objekten vorgesehen werden. Die somit entstehende Struktur wird über das Austauschformat in die AVA-Software transportiert. Dort sollen die Objekte zur Mengenermittlung entsprechend gefiltert und Leistungspositionen zugeordnet werden. Die darauffolgende Ermittlung der Mengen aus dem Modell in der AVA-Software kann im Wesentlichen auf zwei unterschiedliche Weisen erfolgen:

1. Nutzung der Mengen, die aus der Modellierungssoftware übergeben werden
2. Neuberechnung der Mengen über andere Attribute wie Abmessungen

Bei ersterem handelt es sich zumeist um sogenannte Netto-Mengen, die die tatsächlichen Mengen eines Bauteils widerspiegeln. Entgegen der Netto-Mengen sind zur Vereinfachung der händischen Mengenermittlung insbesondere in Deutschland prüfbare Mengen in den Vorschriften verankert (Mengenermittlung nach VOB). Eine Modellierungssoftware verfügt i.d.R. nicht über Funktionalitäten, um prüfbare Mengen zu berechnen, da der Fokus auf dem Aufbau des Modells und beispielsweise einer entsprechend abgeleiteten Planausgabe liegt. Daher soll im Weiteren die zweite Möglichkeit näher beleuchtet werden. Bei diesem Vorgehen werden mittels Funktionen z.B. Flächen über die äußeren Abmessungen eines Bauteils berechnet und nach VOB nur Öffnungen  $>2,5\text{m}^2$  abgezogen. Zusätzlich können Kontaktflächen zu anderen Bauteilen etc. spezifisch einbezogen werden. Demnach ist das Vorgehen wesentlich differenzierter zu gestalten.

## 4.2 Anforderungstypen

In Abhängigkeit der Gestaltung einer BIM-Anwendung, wie beispielsweise der Mengenermittlung, ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an die Bauwerksinformationsmodelle. Diese können entsprechend der vier vom LuFG BB definierten Anforderungstypen kategorisiert werden:<sup>13</sup>

- Datenstrukturen (wie?)
- Informationsinhalte (was?)
- Verantwortlichkeiten (wer?)
- Zeitpunkte (wann?)

---

<sup>13</sup> Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 4.2.3

#### 4.2.1 Strukturelle Anforderungen im themenspezifischen Kontext

Zur Definition struktureller Anforderungen einer BIM-Anwendung ist eine Betrachtung des Outputs elementar. In ihm werden bei einem weitestgehend automatisierten Ablauf die generierten oder zusammengestellten Informationen in einer festgelegten Struktur aufgebaut und ausgegeben. Im zuvor aufgegriffenen Beispiel der Mengenermittlung entspricht dies der Struktur des Leistungsverzeichnisses. Hier können standardisierte Vorgaben (z.B. Standardleistungsbuch) oder unternehmensspezifische Strukturen zur Anwendung kommen. In Abhängigkeit der gewählten Struktur müssen die im Bauwerksinformationsmodell enthaltenen Daten eine Zuordnung z.B. einzelner Objekte zu den entsprechenden Strukturelementen des Leistungsverzeichnisses ermöglichen.

Im Zuge der BIM-Anwendung müssen die eingehenden Informationen der Struktur des Outputs zugeordnet werden oder sie nach definierten Regeln erzeugen. Je höher der Automatisierungsgrad der BIM-Anwendung sein soll, desto detaillierter muss der Ablauf bereits im Vorfeld durchdacht werden. Der Grund liegt darin, dass für die Filterung, Zuordnung und den Aufbau zugehöriger Regeln entsprechende Informationen im Bauwerksinformationsmodell vorhanden sein müssen. Dies wiederum bedarf jedoch einer exakten Planung des technischen Prozesses und einer Definition entsprechender Modellierungsregeln. Nachfolgend sind entsprechende Bedingungen exemplarisch aufgeführt:

- Die Struktur des Leistungsverzeichnisses muss festgelegt sein.
- Zwischen den Bauteilen muss eine entsprechende Abgrenzung definiert sein:
  - Was wird als eigenes Objekt modelliert?  
(z.B. Wände, Stützen etc.)
  - Was wird in Form von Eigenschaften an anderen Objekten angehängt und mittels entsprechender Funktionen in einem späteren Schritt abgeleitet?  
(z.B. Beschläge von Fenstern, Wandbeschichtungen etc.)
- Der Bedarf bestehender Beziehungen zwischen Objekten muss definiert und über die Bauwerksinformationsmodelle abgebildet sein.  
(z.B. Öffnungen zu Wand, Wand zu Geschoss etc.)
- ...

Letzteres stellt bereits eine aus der Struktur folgende inhaltliche Anforderung dar. Diese werden im nachstehenden Abschnitt näher beschrieben.

#### 4.2.2 Inhaltliche Anforderungen im themenspezifischen Kontext

Die inhaltlichen Anforderungen stellen die benötigten Informationen zur Umsetzung einer BIM-Anwendung dar.<sup>14</sup> Sie setzen sich aus drei Teilen zusammen:

- Inhalte, die zur Zuordnung von strukturierten Informationen zu neuen Strukturen bzw. zur Generierung neuer Strukturen notwendig sind und sich aus den strukturellen Anforderungen ableiten. Voraussetzung ist hierbei die konforme Modellierung zu den fachlichen Leistungen.
- Inhalte, aus denen neue Informationen abgeleitet werden oder die neu zusammengestellt werden.
- Inhalte, die nicht unmittelbar im Rahmen der Wertschöpfungskette erzeugt werden, jedoch allgemeine Informationen zur Abwicklung der BIM-Anwendung beisteuern, im Rahmen der Forschungsarbeit des LUFG BB als mitgeltende Informationen bezeichnet.<sup>15</sup>

Erstere bedeuten für das Beispiel der Mengenermittlung, dass Regeln zur Abgrenzung von Objekten, idealer Weise automatisiert, auf ein Bauwerksinformationsmodell angewandt werden können. Dazu müssen die Objekte Eigenschaften wie beispielsweise Raumangrenzungen oder Materialien enthalten, um daraus das Leitungsverzeichnis entsprechend aufbauen bzw. füllen zu können. Daneben sind die zu verarbeitenden Informationen wie Abmessungen, Flächen oder Volumina, wie beim zweiten oben aufgeführten Punkt, zwingend erforderlich.

Neben den aktiv zu verarbeitenden Informationen, die unmittelbar der Wertschöpfungskette eines Projektes entstammen, können je nach BIM-Anwendung auch Anforderungen z.B. in Form einzuhaltender Vorschriften relevant sein. Bei der Mengenermittlung ist die Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) zu nennen, in deren Teil C unter anderem vorgegeben wird, in welchen Mengeneinheiten einzelne Leistungen abzurechnen sind und ob beispielsweise Aussparungen bis zu einer gewissen Größe zu übermessen sind.

#### 4.2.3 Verantwortlichkeiten im themenspezifischen Kontext

Im Rahmen der Projektarbeit mit einer Vielzahl von Beteiligten mit dem Anspruch auf möglichst weitreichende Datendurchgängigkeit und angesichts der Fülle an Informationen in einem Bauprojekt ist es elementar, Verantwortlichkeiten zur Informationserzeugung und -Verarbeitung klar

---

<sup>14</sup> Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 4.2.3

<sup>15</sup> Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 3.4.2

zu definieren. Im Kontext von Building Information Modeling ist diese Aufgabe vor allem zur Erstellung von AIA und BAP zu leisten.<sup>16</sup> So können z.B. im Zuge der Mengenermittlung die Eigenschaften zur Zuordnung der einzelnen Objekte zu Leistungspositionen oder deren Generierung von unterschiedlichen Personen festgelegt werden. Es ist denkbar, dass sowohl die Oberflächenbeschaffenheit von Bauteilen als auch deren Feuerwiderstandsklasse zur Abgrenzung herangezogen werden. Während der Architekt die Oberflächenbeschaffenheit in das Modell einpflegt, könnte ein Brandschutzplaner oder Statiker für die Feuerwiderstandsklasse verantwortlich sein. Daher ist es im Rahmen der Regelungen zu einem Projekt sinnvoll, entsprechende Zuweisungen zu treffen. Bei fehlender Standardisierung der BIM-Anwendungen und der damit benötigten Informationen steht dem Vorgehen jedoch der Aufwand entgegen, dies bei jedem neuen Projekt von Grund auf neu zu definieren.

#### **4.2.4 Zeitpunkte im themenspezifischen Kontext**

Neben den Verantwortlichkeiten sind auch die Zeitpunkte zur Abwicklung eines Projektes wesentlich. Bei Beginn eines jeden Prozesses müssen die benötigten Informationen vorliegen und entsprechend z.B. in das Bauwerksinformationsmodell eingepflegt sein. Insbesondere bei automatisierten Prozessen wie einer Mengenermittlung werden ansonsten unvollständige bzw. fehlerhafte Ergebnisse erzeugt. Mitunter wird auf dieser Grundlage zunächst weitergearbeitet bis der Missstand auffällt, dabei ist das Vermeiden solcher Punkte ein grundlegendes Anliegen der Methode BIM.

### **4.3 BIM-Anforderungen im Prozessmodell**

Zur Verfolgung des prozessbasierten Ansatzes aus dem Forschungsantrag wurden die zuvor beschriebenen Punkte in das Prozessmodell eingebunden. In diesem Kapitel wird der dazu entwickelte Aufbau bzw. das in die Prozessmodellierungssoftware implementierte Schema beschrieben. Dabei wird zunächst die Einordnung einer BIM-Anwendung in das Prozessmodell erläutert und danach entsprechend der im vorherigen Kapitel verwendeten Reihenfolge vorgegangen.

#### **4.3.1 Einordnung der BIM-Anwendung im Prozessmodell**

Nach der Definition des LuFG BB entspricht eine BIM-Anwendung einem Prozess unter Anwendung der Methode BIM.<sup>17</sup> Demnach muss eine BIM-Anwendung in Form eines Prozesses mit Informationsfluss im Prozessmodell existieren. Da der Informationsfluss auf den Ebenen 3 und tiefer vorgesehen ist, muss sich der Betrachter des Prozessmodells zunächst entsprechend durch

---

<sup>16</sup> Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 4.3 f

<sup>17</sup> Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 4.2.2

die Ebenen 0 bis 2 navigieren (Abbildung 15). Die im Rahmen des Projektes aufgestellten Prozesse sind dem mitgelieferten Prozesskatalog zu entnehmen.

Anmerkung: Eine Auswertung der Datenbank wie der Prozesskatalog stellt immer nur einen Auszug mit einem vordefinierten Blickwinkel auf ausgesuchte Inhalte der gesamten Datenbank dar. Die ausgegebenen Informationen im Katalog sind lediglich ein Beispiel und lassen sich in Rücksprache mit den Verantwortlichen durch diese nach Bedarf anpassen.

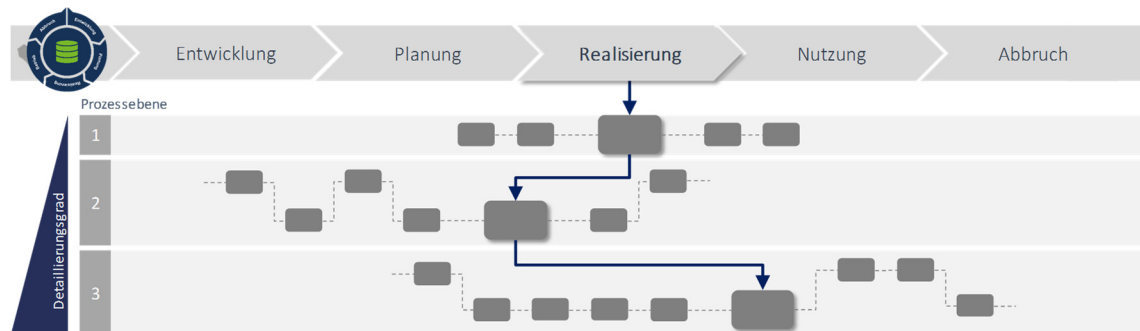


Abbildung 15 Prozessnavigation

#### 4.3.2 Verankerung der strukturellen Anforderungen

Die strukturellen Anforderungen betreffen den Output einer jeweiligen BIM-Anwendung. Dementsprechend wurden sie technisch in Form einer Eigenschaft dort verankert. Im Zuge einer projektspezifischen Konkretisierung lässt sich für jeden Output die Struktur festlegen und im Prozessmodell hinterlegen. Daraus ergeben sich wiederum zugehörige Anforderungen, die über Abfragen aus der Datenbank herausgefiltert werden können.

In der Praxis existieren nur vereinzelt konkrete Vorgaben zur Struktur von zu erstellenden Dokumenten und Dateien bzw. Anforderungen, die sich daraus an die Informationslieferungen ergeben. Im Wesentlichen handelt es sich bei vorhandenen Vorgaben um geforderte Inhalte, nicht jedoch deren Aufbau. Daher wurden im Rahmen des gegenständigen Forschungsprojektes beispielhaft Strukturen auf Prozessebene 3 hinterlegt, um das Schema auf Funktionalität prüfen zu können. Die bereits eingefügten Informationen lassen sich jedoch durch weitere konkrete Anwendungsfälle in der Praxis anreichern.

#### 4.3.3 Verankerung der inhaltlichen Anforderungen

Die inhaltlichen Anforderungen bestehen neben der Ableitung aus den strukturellen Anforderungen aus den Informations-Inputs und mitgeltenden Informationen zu einem jeweiligen Prozess.



Beide sind in Form von Objekten im Prozessmodell angelegt. Durch Zuweisung zu Prozessen werden Verknüpfungen unter den Prozessbausteinen über den unmittelbaren Informationsfluss hinaus geschaffen (Abbildung 16). Dadurch bieten sich diverse Abfragemöglichkeiten über das gesamte Prozessmodell, die insbesondere für die Ermittlung der Verantwortlichkeiten und Zeitpunkte benötigt werden.

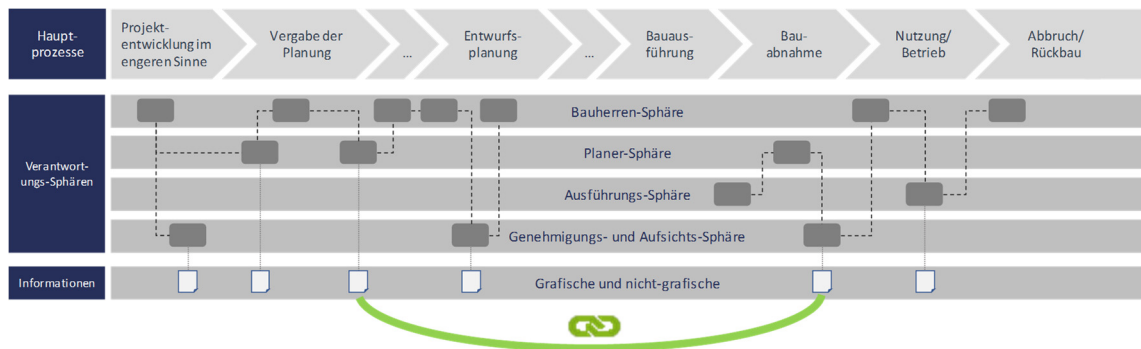


Abbildung 16 Verknüpfungen über In- und Outputs

Zusätzlich wird über die verknüpften Informationen die Struktur des Prozessmodells gefestigt. Während auf Ebene 3 ausschließlich Dokumente und Dateien ausgetauscht werden, betrachtet die Ebenen 4 die Bestandteile dieser Dokumente und Dateien (Abbildung 17). Eine weitere Untergliederung bis hin zu beispielsweise einzelnen Eigenschaften von Modellobjekten war im Rahmen des Forschungsprojektes wegen fehlender Standardisierung in dem Bereich nicht sinnvoll umsetzbar. Sollte auf dem Gebiet eine Vereinheitlichung in der Bau- und Immobilienbranche erreicht werden, ließe sich das Prozessmodell um die Informationen erweitern.

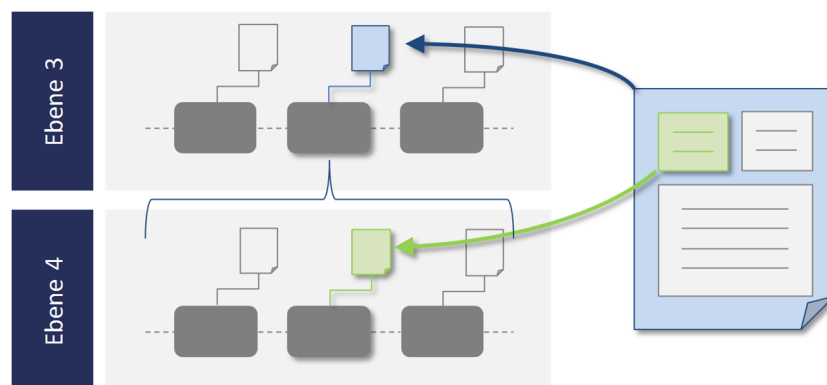


Abbildung 17 Ebenen-Abgrenzung über Informationsstruktur

#### **4.3.4 Ermittlung von Verantwortlichkeiten**

Die Verantwortlichkeiten sind ebenso wie die inhaltlichen Anforderungen als Objekte angelegt. Sie entsprechen den Randbedingungen aus den gemeinsamen Grundlagen des LuFG BB zu den Sphären und Rollen.<sup>18</sup> Die Verantwortlichkeiten sind Prozessen zugeordnet. Aufgrund der Definition, dass jeder Prozess exakt einen Output hat<sup>19</sup>, lassen sich auf diese Weise die Verantwortlichkeiten zur Informationserzeugung über Abfragen für jede im Prozessmodell fließende Information auswerten.

#### **4.3.5 Ermittlung von Zeitpunkten**

Die Zeitpunkte lassen sich in einem allgemeingültigen Prozessmodell lediglich auf den oberen Ebenen in Form von Meilensteinen des strategischen Prozessmodells einpflegen. Eine konkrete Benennung wird erst durch die Anpassung der Modellinhalte an ein reales Projekt sinnvoll. Eine direkte Verknüpfung mit Terminplänen ist in dem Zusammenhang denkbar.

Im allgemeingültigen Prozessmodell lassen sich jedoch bereits die Abhängigkeiten der Informationen liefernden Prozesse darstellen. Auf diese Weise lassen sich bereits Aussagen darüber treffen, welche Informationen bedingt durch die logische Abfolge der erzeugenden Prozesse zuletzt für eine konkrete Anwendung bereitstehen. Dieser Informationsfluss symbolisiert somit den kritischen Pfad.

### **4.4 Generierung des Anforderungskatalogs**

Die zuvor mit ihrer Umsetzung im Prozessmodell beschriebenen Anforderungstypen ergeben zusammengefasst zu jedem Prozess bzw. jeder BIM-Anwendung die zugehörigen BIM-Anforderungen. Die Zusammenführung erfolgt durch eine Reihe entsprechender Abfragen und Auswertungen aus der Datenbank und wird unter den Prozesssichten in vier, jeweils zu den Anforderungstypen zugehörigen Tabellen ausgegeben (Abbildung 18). Die darin aufgeführten Spalten bzw. Informationen sind beispielhaft und lassen sich nach Bedarf anpassen.

---

<sup>18</sup> Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 6.2.1

<sup>19</sup> Siehe hierzu: Grundlagenbericht Building Information Modeling und Prozesse vom 29.09.2017; Kapitel 3.4

## Strukturelle Anforderungen

| Anforderung | Beschreibung | resultiert aus Prozess |
|-------------|--------------|------------------------|
| ...         | ...          | ...                    |

## Inputs

| Input | Anmerkung | resultiert aus Prozess | von Rolle |
|-------|-----------|------------------------|-----------|
| ...   | ...       | ...                    | ...       |

## Mitgeltende Informationen

| Vorschrift | Beschreibung | Stand |
|------------|--------------|-------|
| ...        | ...          | ...   |

## Verantwortlichkeiten

| Rolle | erzeugt in Prozess | benötigten Input | mit Status |
|-------|--------------------|------------------|------------|
| ...   | ...                | ...              | ...        |

## Zeitpunkte

| Zeitpunkt | zu dem Input | von Rolle | aus Prozess kommt |
|-----------|--------------|-----------|-------------------|
| ...       | ...          | ...       | ...               |

Abbildung 18 Schema der Anforderungstabellen pro Prozess

Übergeordnet lassen sich BIM-Anforderungen einzelner BIM-Anwendungen zu einem Anforderungskatalog zusammenstellen. Dafür werden zunächst die durchzuführenden BIM-Anwendungen festgelegt. Mittels Filterfunktionen können diverse Einschränkungen der Betrachtung auf Teile des Prozessmodells erfolgen, wie z.B.:

- Beschränkung auf ausgewählten Verantwortlichkeiten
- Eingrenzung auf definierte Bereiche des Lebenszyklus'
- Gezielte Auswahl von einzelnen BIM-Anwendungen
- Aufstellung zu BIM-Anwendungen mit gewissem Input, wie ein Bauwerksinformationsmodell
- ...

Im Anschluss werden die Informationen zu den Anforderungstypen mittels Abfragen und Auswertungen der Datenbank zusammengetragen. Dies erfolgt wie zuvor bei den einzelnen Prozesssichten beschrieben. Die Besonderheit hierbei liegt jedoch darin, dass Dubletten herausgefiltert

werden. Sie können durch gleiche Informationsanforderungen bei mehreren BIM-Anwendungen auftreten.


Mit Beginn des Forschungsprojektes wurde das Ziel verfolgt, die Ergebnisse für möglichst viele Anwendungsbereiche nutzbar zu machen. Damit das Prozessmodell einen Konsens bei den an der Bauausführung Beteiligten findet, wurde es allgemeingültig aufgestellt. Darauf basierend erfolgte die Herleitung des beschriebenen Schemas zur prozessbasierten Generierung eines dynamischen Anforderungskataloges mit den vier Anforderungstypen.

Im Verlauf des Projektes und mit zunehmender Konkretisierung der Prozesse hat sich jedoch herausgestellt, dass es in der Praxis an konkreten und zugleich allgemeingültigen oder standardisierten BIM-Anwendungen fehlt. Vielmehr sind sie auf einem Stand der Entwicklung bzw. Erprobung und es existieren weit auseinanderliegende Vorstellungen zum idealtypischen Ablauf. Eine Vereinheitlichung oder Standardisierung wäre jedoch für eine unmittelbare Zuordnung der Anforderungen zu den Abläufen unbedingt notwendig. Andernfalls bildete das Prozessmodell nur produkt- oder unternehmensspezifische Abläufe ab und erfüllte nicht mehr den grundlegenden Anspruch für die Allgemeinheit anwendbar zu sein.

Zur Validierung des entwickelten Schemas wurden Beispiele für mögliche BIM-Anwendungen aus der Praxis betrachtet. Wie bei der Mengenermittlung sind sie an dem Entwicklungsstand der beteiligten Unternehmen angelehnt. Sie erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit und können kein allgemeingültiges Vorgehen widerspiegeln. Bei einer zukünftigen Vereinheitlichung von BIM-Anwendungen ließen sich die Ergebnisse an den zuvor beschriebenen Stellen einpflegen. Somit ist das aufgestellte Schema zur Herleitung eines prozessbasierten Anforderungskataloges aus Sicht der ausführenden Unternehmen an die Planung flexibel erweiterbar und könnte zukünftig als Grundlage zur Erstellung von AIA und BAP genutzt werden.

# Anlage 1

Formularblatt zur Prozessaufnahme



**BERGISCHE  
UNIVERSITÄT  
WUPPERTAL**

**Prozessaufnahme**  
Abgabe bitte bis zum \_\_\_\_\_

Lebenszyklusphase:  Entwicklung  Planung  Realisierung  Betrieb  Rückbau

Name: \_\_\_\_\_ Abteilung: \_\_\_\_\_

Projektphase: \_\_\_\_\_

Gewerk: \_\_\_\_\_

Prozess: \_\_\_\_\_ Rolle: \_\_\_\_\_

| Beschreibung des Prozesses                               | Benötigte Informationen<br>Woher?                    | Erzeugte Informationen<br>Was?   | Wohin?                                   | Hilfsmittel<br>Womit?  | Probleme/<br>Verbesserungsvorschläge                                     |  |
|--|--|--|--|--|--|--|
| <p>In Freiform, z.B. mit Beschreibung, Flussdiagramm</p> | <p>wie z.B. Regelwerke, Dokumente, Informationen</p> | <p>durch z.B. eigenes Wissen, Kollegen, Externe, Unternehmensdatenbank</p> | <p>wie z.B. Dokumente, Informationen</p> | <p>durch z.B. eigenes Wissen, Kollegen, Externe, Unternehmensdatenbank</p> | <p>mit z.B. Papier, Telefon, mobilen Endgeräten, Computern, Software</p> | <p>bei z.B. Informationsbeschaffung, Tätigkeit, Informationsbereitstellung, Hilfsmitteln</p> |