



Technische Universität München

Ingenieurfaculty Bau Geo Umwelt

Lehrstuhl für Computergestützte Modellierung und Simulation

# Anwendungspotentiale von BIM im Bauprozessmanagement

Johannes Reichle

Masterthesis

für den Master of Science im Studiengang Bauingenieurwesen

Autor: Johannes Reichle

Matrikelnummer:

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. André Borrmann

Katrin Jahr, M.Sc.

Ausgabedatum: 16.10.2017

Abgabedatum: 16.04.2018

## Vorwort

An dieser Stelle möchte ich mich noch einmal bei all denjenigen bedanken, die mich bei der Ausarbeitung dieser Masterarbeit motiviert und unterstützt haben.

Ein besonderer Dank gebührt Herrn Sven-Eric Schapke von der Firma think project! für die stetige Ansprache und Unterstützung während der Ausarbeitung und Umsetzung dieser Masterthesis.

Ein herzliches Dankeschön auch an meine Betreuerin von der Technischen Universität München, Katrin Jahr, die der Idee der Arbeit offen gegenüberstand und sie somit erst ermöglichte.

Außerdem möchte ich mich noch einmal bei Herrn Philipp Müller von der Firma Autodesk für die stetige Unterstützung während der Bearbeitung der Masterthesis bedanken.

Abschließend auch noch ein herzliches Dankeschön an meine Freundin Magdalena, die mit wenig Zeit und trotzdem vollem Einsatz meine Masterarbeit gelesen und korrigiert hat sowie meinen Vater, der mir mit seiner langjährigen Expertise in der Baubranche mit Rat und Tat zur Seite stand.

## Abstract

Building Information Modeling (BIM) offers potential improvements for all project participants during the planning, execution and operation of a building. In today's practical operations, BIM methods are used particularly in the planning stage of a project. The deployment of such during the execution phase is still lagging behind. Some innovative companies are already using BIM methods for their costing or for work preparation. However, these functionalities are applied only for in-house processes, without including other project members. Therefore, the application area of BIM is dominated by local usage in the execution phase. By this, the majority of the potential of BIM remains untapped. The full implementation of BIM's potential is only possible by the shared use of model information throughout the lifecycle of a building.

In this account in this master thesis a systematic and company-wide handling with the BIM methodology in work phase 8 (HOAI) will be provided. Further will be demonstrated how it can be implemented by using individual BIM use cases. In this context, a specific BIM use case describes a certain data exchange scenario for which data and information from a BIM model are defined, created, changed or passed on. Therefore, a specific BIM use case pursues a certain project goal.

Initially, common business processes of the execution phase are identified in this master thesis and are then contrasted with the potentials of the BIM methodology. The valuation of these defined BIM use cases occurs with the help of a survey among the German construction industry. The main goal of this survey is to determine use cases, considered to have the highest potential and the biggest need for action regarding a BIM-based execution by the participants. Based on this analysis three business processes were worked out to form a BIM based change management, quality management and BIM based consider application. The elaboration occurred per use case, based on a practically oriented scenario. Within the scenario, each use case is defined by a detailed description of the executed work stages, a process map as well as a precise representation of possible BIM uses within a single work stage and possible software applications for their realization. The thesis concludes with a practical implementation of a planning change according to section 1 (3) VOB/B during the execution phase within a model-based and company-wide workflow. Furthermore, it is investigated to what extend the specific scenario can be put into practice within the three different software solutions BIMcollab by Kubus, BIM360 by Autodesk and BIM Collaboration by think project!.

## Zusammenfassung

Building Information Modeling (BIM) bietet Verbesserungspotentiale für alle Projektbeteiligten in der Planung, Ausführung und dem Betrieb eines Gebäudes. In der Praxis werden BIM-Methoden heute insbesondere in der Planung angewendet. Der Einsatz in Ausführung und Betrieb hinkt noch hinterher. Zwar nutzen einige innovative Firmen BIM bereits beispielsweise in der Kalkulation und der Arbeitsvorbereitung, diese Anwendungen finden jedoch vornehmlich unternehmensintern, ohne Einbezug anderer Akteure statt. In der Ausführung wird BIM also hauptsächlich lokal und nur für einzelne Anwendungsbereiche verwendet, wodurch ein Großteil des Potentials auf der Strecke bleibt. Voraussetzung für die vollumfängliche Realisierung der BIM-Potentiale ist die gemeinschaftliche Nutzung von Modellinformationen in allen Projektbereichen.

Diesen Umstand aufgreifend wird in der vorliegenden Arbeit ein systematischer und unternehmensübergreifender Umgang mit der Arbeitsmethodik BIM in der Leistungsphase 8 (HOAI) vorgestellt und aufgezeigt, wie dieser in Form von ausgewählten BIM-Anwendungsfällen umgesetzt werden kann. In diesem Zusammenhang stellt ein BIM-Anwendungsfall ein definiertes Datenaustauschscenario dar, für das bestimmte Daten und Informationen aus einem digitalen Gebäudemodell definiert, erstellt, verändert oder weitergegeben werden. Mit einem BIM-Anwendungsfall wird also ein vorher klar definiertes Ziel verfolgt.

Zunächst werden klassische Geschäftsprozesse der Ausführungsphase identifiziert und den Potentialen einer modellorientierten Arbeitsweise gegenübergestellt. Die Bewertung dieser Anwendungsfälle erfolgt anhand einer Umfrage in der deutschen Bauwirtschaft. Ziel dieser Umfrage ist es die Anwendungsfälle zu erörtern, bei denen aus Sicht der Teilnehmer das größte Potential und der größte Handlungsbedarf in Bezug auf eine BIM-basierten Umsetzung bestehen. Aufbauend auf dieser Analyse wurden drei Anwendungsfälle zu einem BIM-basierten Änderungsmanagement, Qualitätsmanagement und einer modellorientierten Bedenkenanmeldung detailliert ausgearbeitet. Die Dokumentation dazu erfolgte je Anwendungsfall anhand eines praxisnahen Szenarios und basiert auf einer genauen Beschreibung der durchgeführten Arbeitsschritte, einer Prozessübersichtsmappe sowie einer übersichtlichen Darstellung möglicher BIM-Anwendungen innerhalb der durgeführten Arbeitsschritte und der möglichen Softwareapplikationen für deren Umsetzung. Die Arbeit schließt mit der Umsetzung einer Planungsänderung gemäß § 1 Abs. 3 VOB/B innerhalb eines modellbasierten und unternehmensübergreifenden Workflows und zeigt, inwieweit dieser durch die drei BIM-Kollaborationswerkzeuge BIMcollab der Firma Kubus, BIM 360 der Firma Autodesk und BIM Collaboration der Firma think project! umsetzbar ist.

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	VII
Tabellenverzeichnis.....	X
Abkürzungsverzeichnis.....	XI
1 Einleitung .....	1
1.1 Einführung.....	1
1.2 Zielsetzung und Motivation.....	2
1.3 Aufbau der Arbeit .....	2
2 Grundlagen und Definitionen .....	4
2.1 Building Information Modeling .....	4
2.2 BIM Potentiale.....	4
2.3 Umsetzung der BIM-Methodik.....	5
2.4 Interoperabilität .....	7
2.4.1 Das Datenformat IFC .....	7
2.4.2 Das BIM Collaboration Format (BCF).....	8
2.4.3 Das GAEB DA XML-Format .....	9
2.4.4 Das CPIXML-Format.....	9
3 Datenmanagement.....	10
3.1 Notwendigkeit einer kooperativen Datenverwaltung .....	10
3.2 Richtlinien und Standards.....	11
3.3 Attribute und Eigenschaften .....	11
3.4 Anforderungen an eine BIM Datenverwaltung .....	12
3.4.1 Kommunikation und Kooperation.....	12
3.4.2 Nebenläufigkeitskontrolle .....	14
3.4.3 Rollen und Rechte.....	16
3.4.4 Versionierung.....	16
3.4.5 Freigabe und Archivierung .....	18
3.5 BIM – Software zur unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit .....	18
3.5.1 Funktionsweisen BIM-basierter Kollaborationswerkzeuge.....	19
3.5.2 Internetbasierte Projektplattformen.....	19
3.5.3 BIM-Server .....	20
4 BIM-gestützte Zusammenarbeit.....	22
4.1 Informationsmanagement.....	22
4.1.1 Rahmenrichtlinien .....	22

---

4.1.2	Der BIM-Projektentwicklungsplan.....	23
4.2	Der BIM-Kollaborationsprozess.....	26
4.2.1	Fachspezifisches Arbeiten.....	26
4.2.2	Fachübergreifendes Arbeiten.....	27
4.2.3	BIM-Prozesse – Workflowmanagement.....	27
4.3	Spezifikation von Modellinhalten.....	28
4.3.1	Datenaustauschanforderungen.....	29
4.3.2	Prozessübersichtsmappen (Process Maps).....	30
4.3.3	Exchange Requirements.....	32
4.3.4	Model View Definitions (MVD).....	32
4.3.5	Level of Development.....	34
5	BIM Anwendungsfälle.....	36
5.1	Ziel und Konzeption der Umfrage.....	36
5.1.1	Hypothesen über einen modellbasierten Arbeitsansatz.....	37
5.1.2	BIM Anwendungsfälle der Leistungsphase 8 (HOAI).....	38
5.2	Durchführung der Umfrage.....	39
5.2.1	Strukturierung.....	39
5.2.2	Technische Umsetzung.....	39
5.2.3	Verteilung.....	40
5.2.4	Ausführung und Rücklauf.....	40
5.3	Auswertung.....	40
5.3.1	Repräsentativität der Umfrage.....	40
5.3.2	Auswertungsprinzipien.....	40
5.3.3	Ergebnisse.....	41
5.4	Interpretation der Ergebnisse.....	42
6	Ausarbeitung ausgewählter Anwendungsfälle.....	44
6.1	Ausgangssituation und Annahmen.....	44
6.1.1	BIM-basierte Definition von Vertragsinhalten.....	44
6.1.2	Ausgangslage für die Ausarbeitung der Anwendungsfälle.....	45
6.1.3	Informationsübergabe.....	45
6.1.4	Zustandsübergangsdiagramm.....	46
6.2	Anwendungsfall 1: BIM-basiertes Änderungsmanagement.....	47
6.2.1	Beschreibung des Anwendungsfalls.....	47
6.2.2	BPMN-Diagramm (Szenario 1).....	49
6.2.3	Fazit.....	52

---

6.3	Anwendungsfall 2: Mängelbeseitigung vor der Abnahme im Rahmen eines BIM-basierten Qualitätsmanagements.....	53
6.3.1	Beschreibung des Anwendungsfalls.....	53
6.3.2	BPMN-Diagramm (Szenario 2).....	54
6.3.3	Fazit.....	57
6.4	Anwendungsfall 3: Anmeldung von Bedenken.....	57
6.4.1	Beschreibung des Anwendungsfalls.....	58
6.4.2	BPMN-Diagramm (Szenario 3).....	59
6.4.3	Fazit.....	63
7	BIM-Kollaborationswerkzeuge.....	64
7.1	Projektdateien.....	64
7.2	Umsetzung von Anwendungsfall 1 mit BIMcollab – Kubus.....	64
7.2.1	Workflow-Management mit BIMcollab – Kubus.....	65
7.2.2	BIM-Workflow mit BIMcollab.....	67
7.2.3	Fazit zur Umsetzung mit BIMcollab.....	74
7.3	Umsetzung von Anwendungsfall 1 mit Autodesk BIM360.....	75
7.3.1	Workflow-Management mit Autodesk BIM360.....	75
7.3.2	BIM-Workflow mit BIM 360 Glue + Field.....	79
7.3.3	Fazit zur Umsetzung mit Autodesk BIM 360.....	88
7.4	Umsetzung von Anwendungsfall 1 mit think project!.....	89
7.4.1	Workflow-Management mit think project!.....	89
7.4.2	BIM-Workflow mit tp!-BIM-Collaboration.....	91
7.4.3	Fazit zur Umsetzung mit think project!.....	100
7.5	Software-Funktionalitäten.....	101
8	Zusammenfassung und Ausblick.....	103
A.	Fragebogen.....	105
B.	Auswertung der Umfrage.....	114
C.	Lua-Skript.....	123
	Literaturverzeichnis.....	127

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1 Verschiedene Arten der BIM-Umsetzung .....	6
Abb. 2.2 Ausschnitt aus den IFC für Fenster (BUILDINGSMART INTERNATIONAL, 2018) .....	8
Abb. 3.1 Produktauswahl nach verschiedenen Auswahlkriterien .....	11
Abb. 3.2 Zeit-Raum-Klassifikation kooperativer Arbeit (BORRMANN et al., 2015) .....	13
Abb. 3.3 Direkte und indirekte Kommunikation (BORRMANN et al., 2015) .....	13
Abb. 3.4 Verschiedene Stufen der Zusammenarbeit (KOCH, 1997).....	14
Abb. 3.5 Koordinierung einzelner Planungsabschnitte durch Zusammenführen von Teildatensätzen (BORRMANN et al., 2015).....	15
Abb. 3.6 Zusammenhang zwischen Version, Revision und Variante (BORRMANN et al., 2015) .....	17
Abb. 3.7 Komponenten des IFC-Produktmodellservers BIMserver.org nach BETZ et al. 2010 (BORRMANN et al. 2015).....	21
Abb. 4.1 BIM-Informationsmanagement (THE BRITISH STANDARDS INSTITUTION, PAS 1192-2, 2013).....	23
Abb. 4.2 Übersicht eines BIM-Projektentwicklungsplans (EGGER et al., 2013).....	25
Abb. 4.3 Konzept zur Erstellung einer MVD gemäß buildingSMART (Borrmann et al., 2015) .....	29
Abb. 4.4 Ergänzung des BPMN-Basiskonzeptes .....	32
Abb. 6.1 Zustandsdiagramm zur Steuerung der Workflows .....	46
Abb. 6.2 BPMN-Diagramm zur Beschreibung von Szenario 1 .....	51
Abb. 6.3 Import von Mängeln in die mobile Arbeitsumgebung .....	55
Abb. 6.4 Mobile Übersicht aktueller Mängel (BIM 360 Field).....	55
Abb. 6.5 Mobile Mangelerfassung (BIM 360 Field) .....	55
Abb. 6.6 BPMN-Diagramm zur Beschreibung von Szenario 2 .....	58
Abb. 6.7 BPMN-Diagramm zur Beschreibung von Szenario 3 .....	63
Abb. 7.1 Issue-Verwaltung in BIMcollab .....	68
Abb. 7.2 Standardisierte Eingabemaske zur Erfassung eines Issues mit BIMcollab .....	69
Abb. 7.3 BCF-Manager Plugin für das BIM-Managementprogramm Navisworks Manage der Firma Autodesk .....	69
Abb. 7.4 BCF-Workflow im Rahmen eines Open-BIM Ansatzes (KUBUS, 2018).....	70
Abb. 7.5 Teilnehmerverwaltung mit Rollen und Rechten in BIMcollab .....	70
Abb. 7.6 Verwaltung der BIM-Teilmodelle.....	71
Abb. 7.7 Verbindungsaufbau zwischen dem BCF-Manager in Revit und BIMcollab.....	71
Abb. 7.8 Eingabemaske des BCF-Managers zur Erfassung eines Issues.....	72
Abb. 7.9 Synchronisierung des Issues mit BIMcollab.....	72
Abb. 7.10 E-Mailbenachrichtigung über die Zuweisung eines Issues in BIMcollab .....	73
Abb. 7.11 Filterfunktion des BCF-Managers .....	74
Abb. 7.12 Import von Issues aus BIMcollab in die eigene Arbeitsumgebung .....	74
Abb. 7.13 Manueller BCF-Export aus BIMcollab .....	74
Abb. 7.14 Lokalisieren von Issues im 3D-Modell .....	75
Abb. 7.15 Ursprüngliches Trägersystem.....	76
Abb. 7.16 Trägersystem nach Änderung des Bauentwurfs .....	76
Abb. 7.17 Teilautomatisierte Mengenermittlung für die Nachtragerstellung mit Autodesk Navisworks Manage .....	76

Abb. 7.18 Verknüpfung des Modells mit einem Grobterminplan .....	77
Abb. 7.19 Modul für das Issue-Management mit BIM 360 Field .....	79
Abb. 7.20 Standardisierte Eingabemaske zur Erfassung eines Issues mit BIM 360 Field .....	79
Abb. 7.21 Erstellen individueller Issue-Typen mit BIM 360 Field .....	80
Abb. 7.22 Konfigurationsmanagement zur Erzeugung individueller Eigenschaften zur Beschreibung des Issues .....	80
Abb. 7.23 Auswahl des Eigenschaftstyps .....	81
Abb. 7.24 Festlegen benutzerdefinierter Eigenschaftswerte .....	81
Abb. 7.25 Anstoßen eines Workflows mit individueller Eingabemaske .....	82
Abb. 7.26 BIM-Modellmanagement mit BIM 360 Glue .....	83
Abb. 7.27 Gespeicherter Viewpoint des vorliegenden Sachverhalts in BIM 360 Glue .....	83
Abb. 7.28 Equipment Set des HEA Trägersystems .....	84
Abb. 7.29 Synchronisierung von BIM 360 Glue & Field .....	84
Abb. 7.30 Auswahl des benötigten Equipment Sets .....	85
Abb. 7.31 Auswahl eines Objekttypen .....	85
Abb. 7.32 Wahl des Objektidentifikators .....	85
Abb. 7.33 Auswahl der Bauteileigenschaften .....	86
Abb. 7.34 Übersicht der Objekte des Trägersystems aus dem erstellten Equipment Set (Ansicht in BIM 360 Field) .....	86
Abb. 7.35 Erfasster Issue mit Verknüpfung zu einem Bauteil .....	87
Abb. 7.36 Anhang des Änderungsantrages .....	87
Abb. 7.37 Nutzerverwaltung mit BIM 360 Glue .....	88
Abb. 7.38 Versionsvergleich mit BIM 360 Team .....	88
Abb. 7.39 Revisionsvergleich mit BIM 360 Team .....	89
Abb. 7.40 Anzeige der verknüpften BIM 360 Field-Eigenschaften in BIM 360 Glue .....	89
Abb. 7.41 Übersicht des zugewiesenen Issues .....	90
Abb. 7.42 think project! Collaboration Cloud .....	93
Abb. 7.43 tp! Dokumentarten .....	94
Abb. 7.44 Einsichts- und Bearbeitungsrechte .....	94
Abb. 7.45 Issue-Management mit tp! .....	94
Abb. 7.46 Modellmanagement mit tp! .....	94
Abb. 7.47 Arbeitsumgebung des BIM Collaboration Moduls .....	95
Abb. 7.48 IFC-Import in think project! .....	95
Abb. 7.49 3D-Ansichtspunkt der zusätzlichen HEA-Träger in tp! .....	96
Abb. 7.50 Initialisierung eines Workflows auf Grundlage des gespeicherten Ansichtspunkts .....	96
Abb. 7.51 Nutzerspezifische Eingabemaske zur Erfassung einer Änderung in tp! .....	97
Abb. 7.52 tp!-BCF Management .....	97
Abb. 7.53 Integrierter Weblink im Issue-Management .....	98
Abb. 7.54 Anwendung des 3D-Ansichtspunkts .....	98
Abb. 7.55 Übersicht der Teilmodelle und deren Beziehungen .....	99
Abb. 7.56 Übersicht der 3D-Ansichtspunkte und deren Beziehungen .....	99
Abb. 7.57 Verknüpfung einzelner Eigenschaften zwischen unterschiedlichen Dokumentarten .....	100
Abb. 7.58 Überführung eines Datensatzes in die Dokumentart „Koordination GU-NU“ .....	100
Abb. 7.59 Issue-Verwaltung in der DA „Koordination GU-NU“ .....	101
Abb. 7.60 Bestimmen der Einsichtsrechte .....	102
Abb. 7.61 Nachtragscontrolling .....	102
Abb. B.1 „Welcher Gruppe gehört Ihr Unternehmen an?“ .....	117

---

Abb. B.2 „Haben Sie bereits Erfahrung im Umgang mit BIM?“ .....	118
Abb. B.3 „Welche Position haben Sie in Ihrem Unternehmen?“ .....	118
Abb. B.4 „Bitte beantworten Sie folgende Fragen zu einem modellbasierten Änderungsmanagement“ .....	119
Abb. B.5 Mehrwert eines modellorientierten Änderungsmanagements .....	119
Abb. B.6 „Bitte beantworten Sie folgende Fragen zu einem modellbasierten Qualitätsmanagement“ .....	120
Abb. B.7 Mehrwert eines modellorientierten Qualitätsmanagements .....	120
Abb. B.8 „Bitte beantworten Sie folgende Fragen zu einer modellbasierten Abnahme“ .....	121
Abb. B.9 Mehrwert einer modellbasierten Abnahme und Sicherstellung von Mängelansprüchen .....	121
Abb. B.10 „Bitte beantworten Sie folgende Fragen zu einem modellbasierten Gewährleistungsmanagement“ .....	122
Abb. B.11 Mehrwert eines modellbasierten Gewährleistungsmanagements .....	122
Abb. B.12 „Bitte beantworten Sie folgende Fragen zu einer modellbasierten Bedenkenanmeldung .....	123
Abb. B.13 Mehrwert einer modellbasierten Bedenkenanmeldung .....	123
Abb. B.14 „Bitte beantworten Sie folgende Fragen zu einer modellbasierten Behinderungsanzeige .....	124
Abb. B.15 Mehrwert einer modellbasierten Behinderungsanzeige .....	124
Abb. B.16 „Bitte beantworten Sie folgende Fragen zu einer modellorientierten Mehr- oder Minderkostenfeststellung bzw. -anmeldung .....	125
Abb. B.17 Mehrwert einer modellorientierten Mehr- oder Minderkostenfeststellung bzw. - anmeldung .....	125
Abb. C.1 Lua-Code zur Überführung eines Issues aus der Dokumentart „Änderungsmanagement“ in die Dokumentart „Koordination GU-NU“ .....	129

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 5.1 Beschreibung möglicher BIM-Anwendungsfälle der Leistungsphase 8.....	38
Tabelle 6.1 Übersicht möglicher BIM-Anwendungen der Teilprozesse aus Szenario 1.....	53
Tabelle 6.2 Übersicht möglicher BIM-Anwendungen der Teilprozesse aus Szenario 2.....	60
Tabelle 6.3 Übersicht möglicher BIM-Anwendungen der Teilprozesse aus Szenario 3.....	66
Tabelle 7.1 Grundfunktionalitäten eines Issue-Managements (KUBUS, 2016).....	68
Tabelle 7.2 Abstufung zur Bewertung des Funktionsbereichs der untersuchten BIM- Kollaborationswerkzeuge .....	104
Tabelle 7.3 BIM-Software-Matrix .....	105

## Abkürzungsverzeichnis

2D	Zweidimensional
3D	Dreidimensional
4D	Dreidimensional mit Zeit
5D	Dreidimensional mit Zeit und Kosten
AEC	Architecture, Engineering and Construction
AIA	Auftraggeber Informationsanforderungen / American Institute of Architects
AVA	Ausschreibung, Vergabe, Abrechnung
BCF	BIM Collaboration Format
BIM	Building Information Modeling
BMVBS	Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BBR	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
BPMN	Business Process Model and Notation
CDE	Common Data Environment
CPI	Construction Process Integration
CV	Coordination View
DIN	Deutsches Institut für Normung
FHV	Facility management Handover View
GAEB	Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen
GUID	Globally Unique Identifier
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
HDB	Hauptverband der Deutschen Bauwirtschaft
IDM	Information Delivery Manual
IFC	Industry Foundation Classes
JPEG	Joint Photographic Experts Group
LOD	Level of Development
LOG	Level of Geometry
LOI	Level of Information
MVD	Model View Definition
PNG	Portable Network Graphics
SaaS	Software as a Service
SAV	Structural Analysis View
STEP	Standard for the exchange of product model data
tp!	think project! GmbH
UUID	Universally Unique Identifier
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VOB	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen
XML	Extensible Markup Language

# 1 Einleitung

## 1.1 Einführung

Für Planer und ausführende Unternehmen im Bauwesen hat die Schaffung von Qualität in einem definierten Zeitraum höchste Priorität. Dem gegenüber steht jedoch die in der Öffentlichkeit oft negativ behaftete Meinung zur Qualität in der Bauwirtschaft (RAUH et al., 2014). Anders als in der stationären Industrie, gestaltet sich die Festlegung von Standards und Leistungszusagen wegen der hohen Komplexität hinsichtlich technischer, organisatorischer, ökonomischer und rechtlicher Kriterien sowie dem Individualcharakter eines jeden Bauvorhabens als äußerst schwierig. Die verschiedenen Gewerke der Baubranche zeigen zwar in ihren einzelnen Teilbereichen zielgerichtete und qualifizierte Leistungen, eine unternehmens- und prozessübergreifende Vernetzung der Kompetenzen findet bisher jedoch in keinem ausreichendem Maße statt. Diesem Umstand geschuldet ergeben sich Defizite in den Planungs- und Ausführungsprozessen und in der Qualität der Produkte der Bauindustrie (VON BOTH et al., 2013). Ein Bauvorhaben in der vorgesehenen Zeit und der vertraglich vereinbarten Qualität zu errichten, stellt folgerichtig nach wie vor eine erhebliche Herausforderung dar.

An diesem Punkt setzt Building Information Modeling (BIM) an. BIM steht für die Idee der fortlaufenden Nutzung digitaler Bauwerksmodelle als Informations- und Arbeitsgrundlage über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes hinweg (BORRMANN et al., 2015<sup>1</sup>). Das Ziel von BIM ist die umfassende digitale Erfassung aller Eigenschaften eines Bauwerks hinsichtlich der Geometrie der erfassten Objekte, deren Vernetzung als auch deren Attribute. Sie bilden die Grundlage für eine optimierte Prozessgestaltung des Bauwesens. Die zentrale Basis dafür liefern die dreidimensionalen Informationsmodelle. Im Gegensatz zum deutschen Bauwesen hat sich BIM in den USA und den nordeuropäischen Ländern bereits etabliert. Seit einiger Zeit wird BIM nun auch im deutschen Bauwesen immer präsenter und wird die Arbeitstechniken und Arbeitsweisen des Bauwesens deutlich beeinflussen (BORRMANN et al., 2015<sup>2</sup>).

---

<sup>1</sup> Kap. 1, A. BORRMANN et al.

<sup>2</sup> Kap. 1, A. BORRMANN et al.

## 1.2 Zielsetzung und Motivation

BIM bietet Verbesserungspotentiale für alle Projektbeteiligten in Planung, Ausführung und Betrieb. In der Praxis werden BIM-Methoden heute hauptsächlich in der Planung und Vorbereitung eines Bauvorhabens angewendet. Der Einsatz in Ausführung und Betrieb hinkt noch hinterher. Zwar nutzen einige innovative Firmen BIM bereits beispielsweise in der Kalkulation und der Arbeitsvorbereitung, diese Anwendungen finden jedoch vornehmlich unternehmensintern, ohne Einbezug anderer Akteure statt. In der Ausführung wird BIM also nur lokal und nur im Einzelnen angewendet, wodurch ein Großteil des Potentials auf der Strecke bleibt. Diesen Umstand aufgreifend wird in der vorliegenden Arbeit ein systematischer und unternehmensübergreifender Umgang mit der Arbeitsmethodik BIM in der Leistungsphase 8 (HOAI) vorgestellt und aufgezeigt, wie dieser in Form von ausgewählten BIM-Anwendungsfällen umgesetzt werden kann. Neben den technischen und IT-bezogenen Themengebieten, sollen die Potentiale von BIM als integrative Planungs- und Kooperationsmethodik aufgezeigt werden. Im Kontext einer BIM-basierten Arbeitsmethodik erfolgt daher eine Ergänzung *„um übergeordnete Fragestellungen zur Arbeitsmethodik, zum unternehmerischen Denken und zum Rollenverständnis“* (VON BOTH et. al., 2013). Das Ziel dieser Arbeit lässt sich folglich in der Bereitstellung einer Informationsbasis mit Handlungsempfehlungen speziell für die Ausführungsphase zusammenfassen. Dabei geht es nicht um die Formulierung festgeschriebener operativer Handlungsempfehlungen, sondern um gewisse Standards, die leicht auf ein spezifisches Bauvorhaben übertragbar sind.

## 1.3 Aufbau der Arbeit

Um ein gemeinsames Verständnis von Building Information Modeling (BIM) aufzubauen und die spätere Ausarbeitung von BIM-Anwendungsfällen besser nachvollziehen zu können, wird in Kapitel 2 zunächst auf einige Grundlagen und Definitionen eingegangen. Voraussetzung für die vollumfängliche Realisierung der BIM-Potentiale ist die gemeinschaftliche Nutzung von Modellinformationen in allen Projektbereichen. Kapitel 3 beschäftigt sich daher mit der Notwendigkeit und den Anforderungen an ein gemeinsames Datenmanagement.

Darauf aufbauend werden die unterschiedlichen Facetten eines modellorientierten Arbeitsansatzes in Kapitel 4 genauer beleuchtet und verschiedene Prinzipien zur Spezifikation von Modellinhalten vorgestellt, um einen konsistenten und verlustfreien Datenaustausch gewährleisten zu können.

Anschließend werden typische Prozesse der Leistungsphase 8 identifiziert, beschrieben und den Potentialen der BIM-Methodik gegenübergestellt. Die Bewertung dieser Anwendungsfälle erfolgt anhand einer Umfrage in der deutschen Bauwirtschaft. Aufbauend auf dieser Analyse erfolgt eine konkrete Ausarbeitung spezifischer Anwendungsfälle, die dabei helfen sollen eine BIM-basierte Arbeitsweise besser in die bestehenden Projekt- und Prozessstrukturen integrieren zu können. Dazu werden die entsprechenden Anwendungsszenarien mit den jeweiligen Rollen und Aufgaben in Prozessdiagrammen modelliert und die Anforderungen an Daten und Modelle sowie an geeignete IT-Systeme aufgeführt.

---

Abschließend erfolgt die Umsetzung des erarbeiteten Prototyps einer modellbasierten Planungsänderung. Dabei wird untersucht, inwieweit das Szenario mit den BIM-Kollaborationswerkzeugen BIMcollab der Firma Kubus, BIM360 der Firma Autodesk sowie BIM Collaboration der Firma think project! umgesetzt werden kann.

## 2 Grundlagen und Definitionen

### 2.1 Building Information Modeling

Eine einheitliche Definition des BIM-Begriffes gibt es derzeit nicht. Die verschiedenen Ansichten und Interpretationen spiegeln die aktuell sehr unterschiedlichen Blickwinkel der am Bau beteiligten Akteure bezüglich des BIM-Begriffes wieder. Während ein Fokus auf der Modellierung von Gebäudedaten liegt, legen andere Anwender erhöhten Wert auf die Verwaltung und Nutzung dieser Informationsressourcen.

*„Unter einem Building Information Model (BIM) versteht man ein umfassendes digitales Abbild eines Bauwerks mit großer Informationstiefe. Dazu gehören neben der dreidimensionalen Geometrie der Bauteile vor allem auch nicht-geometrische Zusatzinformationen wie Typinformationen, technische Eigenschaften oder Kosten. Der Begriff Building Information Modeling beschreibt entsprechend den Vorgang der Erschaffung, Änderung und Verwaltung eines solchen digitalen Bauwerksmodells mithilfe entsprechender Softwarewerkzeuge.“ (BORRMANN et. al., 2015<sup>1</sup>)*

Mit dieser Definition sind die Grundprinzipien der BIM-Methodik grundlegend beschrieben. Entgegen vieler Vorstellungen, wird BIM dabei nicht ausschließlich als ein CAD-zentrisches 3D-Modell verstanden, es geht vielmehr um die Bereitstellung einer gemeinschaftlichen Arbeits- und Informationsgrundlage, mit der die verschiedenen beteiligten Softwareanwendungen interagieren (EASTMAN et al, 2011).

Die Nutzung des digitalen Modells erfolgt bei der BIM-Methodik über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes – von der Planung, über die Ausführung, die Bewirtschaftung und schließlich den Rückbau. Alle Akteure greifen somit auf ein und dieselbe Informationsbasis zu. Auf diese Art und Weise werden Informationsbrüche im Lebenszyklus eines Gebäudes sowie die ständige Wiedereingabe von Informationen auf ein Minimum reduziert (BORRMANN et. al., 2015<sup>2</sup>).

### 2.2 BIM Potentiale

Mit dem Einsatz moderner Softwareprodukte und Informationstechnologien in allen Bereichen des Bauwesens lassen sich erhebliche Potentiale zu Qualitäts- und Effizienzsteigerung ausschöpfen. Die Optimierung der unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit durch die Vernetzung der beteiligten Softwareapplikation ist einer der Grundbausteine der Ideen, die hinter der BIM-Methodik stehen. Durch eine konsistente Fortführung aller am Produktlebenszyklus entstehenden Daten, Prozesse und Ressourcen können Informationsverluste an den zahlreichen Schnittstellen eines Bauvorhabens deutlich reduziert werden (VON BOTH et al., 2013). BIM bietet die Möglichkeit zur Anreicherung des

---

<sup>1</sup> Kap. 1, A. BORRMANN et al.

<sup>2</sup> Kap. 1, A. BORRMANN et al.

Modells über die verschiedenen Prozesse und Ebenen einzelner Bau-Organisationseinheiten hinaus, sodass den prozessbeteiligten Akteuren die benötigten Informationsressourcen jederzeit auf dem aktuellen Stand zur Verfügung stehen. Der große Mehrwert des integrierten Ansatzes von BIM liegt somit in seinem Optimierungspotential bezüglich des gesamten Entstehungs- und Verwaltungsprozesses eines Bauwerks (EASTMAN et al. 2011). In Bezug auf die Planungs- und Ausführungspraxis stellt die Entwicklung von Methoden und IT-Werkzeugen im Bereich BIM einen erheblichen Gewinn für die gesamte Baubranche dar (VON BOTH et al., 2013).

KYMMEL (2011) unterteilt den Mehrwert eines solchen BIM-basierten Ansatzes in fünf Hauptgruppen: Risikominimierung, Reduzierung der Kosten, Zeitersparnis, Verbesserung der Projektqualität und Verbesserung des Lebenszyklusmanagements.

Folgend seien exemplarisch einige weitere entscheidende Vorteile von BIM genannt (VON BOTH et al., 2013):

- Aktueller Zugriff auf konsistente Informationsressourcen für alle am Informationsprozess beteiligten Akteure
- Basis zur Bewertung des Gebäudes hinsichtlich konstruktiver, funktionaler, ökologischer, gestalterischer und ökonomischer Aspekte
- Optimierte Entscheidungsprozesse durch gemeinschaftliche Informationsbasis
- Höhere Qualität durch frühzeitige Abstimmung und Prüfung von Konstruktionsproblemen und Ausführungsvarianten
- Bessere Diskussion und Validierung von Planungslösungen durch 3D-Visualisierung und modellbasierte Kommunikation
- Integration von Planung und Ausführung und ggf. auch Betrieb bis hin zum Abriss
- Konsistente Baudokumentation als Basis für den Objektbetrieb
- Gebäudemodell als informationstechnische Basis für die Vernetzung aller beteiligten Software-Applikationen

## 2.3 Umsetzung der BIM-Methodik

Die Arbeitsmethode BIM lässt sich auf vier verschiedene Arten umsetzen.

**Little BIM** steht für die Nutzung einer BIM-Software eines einzelnen Unternehmens. Das 3D-Modell wird beispielsweise für die Planerzeugung, die Kostenermittlung oder Visualisierungen lokal in einem einzelnen Büro für die Optimierung der eigenen Arbeitsprozesse genutzt (HAUSKNECHT & LIEBICH, 2016). Die Weitergabe des Modells an andere Projektbeteiligte erfolgt nicht. Eine Gewerke übergreifende Nutzung und Anreicherung der Gebäudeinformationen findet somit nicht statt und ein Großteil des Potentials von BIM bleibt ungenutzt. Um erste Erfahrungen mit der BIM-Methodik zu sammeln, stellt **Little BIM** jedoch eine durchaus adäquate Arbeitsmethode dar (BORRMANN et al., 2015<sup>1</sup>).

---

<sup>1</sup> Kap. 1, A. BORRMANN et al.

**BIG BIM** bezeichnet den interdisziplinären, modellbasierten Datenaustausch sowie die modellorientierte Kommunikation über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes hinweg (BORRMANN et al., 2015<sup>1</sup>). Für eine konsequente Umsetzung dieser Arbeitsmethodik gilt es sich einen gemeinsamen Datenraum – z.B. in Form von Internetplattformen – zu schaffen.

Zusätzlich kann die BIM-Methodik sowohl in einer offenen BIM-Softwareumgebung (ohne AG-seitige Vorgabe einer proprietären Softwarelandschaft) umgesetzt werden, als auch zum Teil durch Vorgabe einer Reihe von Softwareprodukten eines bestimmten Softwareherstellers. Diese Unterscheidung wird auch als **Open BIM** und **Closed BIM** bezeichnet.

**Closed BIM** bezeichnet eine Arbeitsweise mit BIM in einer einheitlichen proprietären Softwarelandschaft. Alle Beteiligten arbeiten mit der gleichen Softwarelösung an einem Projekt.

**Open BIM** bezeichnet eine Arbeitsweise in einer offenen Softwarelandschaft mit offenen BIM-Standards, die den Datenaustausch zwischen den unterschiedlichen BIM-Softwareprodukten ermöglichen. Bei dieser Arbeitsmethode werden also Modelle unterschiedlicher Fachdisziplinen ausgetauscht, die mit verschiedenen Softwareprodukten erzeugt wurden. Open BIM steht dabei für die eigenständige Wahl der besten Softwareprogramme durch die Auftragnehmer, solange die vertraglich zugesicherten BIM-Übergaben an den Auftraggeber durch offene Schnittstellen gewährleistet sind. Die Schnittstelle für Open BIM ist prinzipiell die IFC-Schnittstelle. Ein weiterer offener Standard, der sich in den letzten Jahren etabliert hat, ist das BCF-Format (vgl. hierzu Abschnitt 2.4).

Aus diesen vier Kategorien ergibt sich die folgende Matrix:

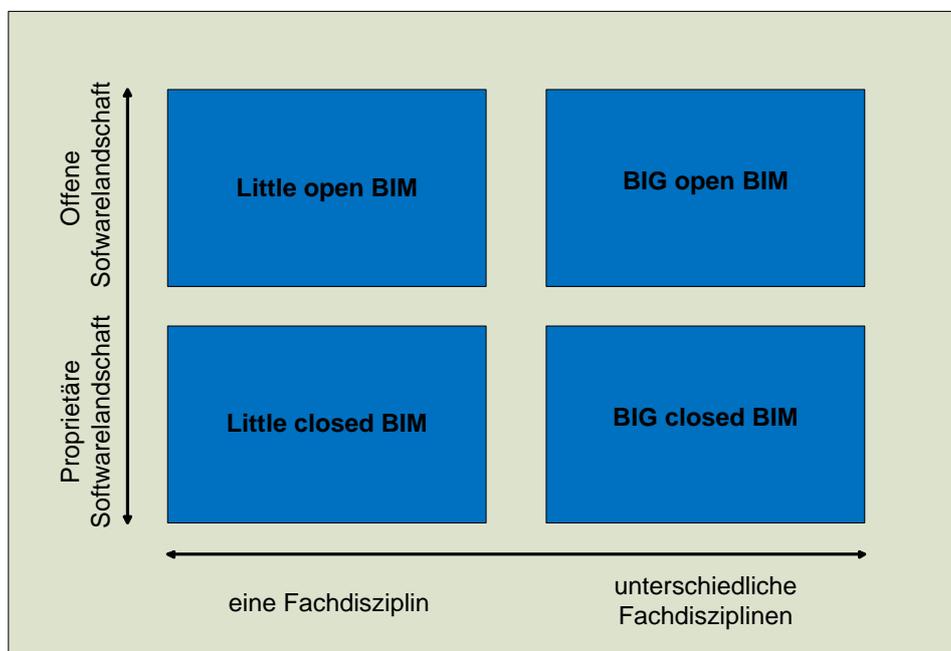


Abb. 2.1 Verschiedene Arten der BIM-Umsetzung

<sup>1</sup> Kap. 1, A. BORRMANN et al.

## 2.4 Interoperabilität

Gerade im Hinblick auf die enorme Komplexität vieler Bauvorhaben erscheint es folgerichtig, dass ein einzelner Softwarehersteller alleine die große Bandbreite an Software-Applikationen nicht anbieten kann und auch die Produkte anderer Hersteller zum Einsatz kommen müssen. Folglich bedarf es eines herstellernerutralen Datenformats, das den Datenaustausch zwischen den eingesetzten Softwareapplikationen ermöglicht. Diesen Umstand aufgreifend ist es dem buildingSMART e.V. gelungen, ein herstellernerutrales Datenformat namens „Industry Foundation Classes“ (IFC) zu entwickeln. Das Datenmodell beinhaltet umfangreiche Datenstrukturen zur Beschreibung von Objekten und bildet die Grundlage für die Umsetzung des Open BIM-Ansatzes (BORRMANN et al. 2015<sup>1</sup>). Außerdem werden in diesem Abschnitt weitere, in einem BIM-Prozess häufig vorkommende, Austauschformate wie das BIM Collaboration Format (BCF), das GAEB DA XML-Format sowie das CPIXML Format vorgestellt.

### 2.4.1 Das Datenformat IFC

Der ursprünglich als Industriearchitektur für Interoperabilität e.V. gegründete Verein buildingSMART e.V. engagiert sich in Deutschland für die Weiterentwicklung der IFC und der BIM-Methodik allgemein. buildingSMART beschreibt das Datenformat der IFC wie folgt:

*„Das buildingSMART Datenmodell, auch bekannt unter der Bezeichnung Industry Foundation Classes (IFC), stellt ein allgemeines Datenschema dar, das einen Austausch von Daten zwischen verschiedenen proprietären Software-Anwendungen ermöglicht. Dieses Datenschema umfasst Informationen aller am Bauprojekt mitwirkender Disziplinen über dessen gesamten Lebenszyklus (BUILDINGSMART e.V.).“*

Um verschiedene Datenaustauschszenerarien konsequent, zielgerichtet und möglichst ohne Datenverluste umsetzen zu können, ist es von großer Bedeutung sich mit den Grundprinzipien dieses ISO-normierten Datenformats auseinanderzusetzen, da es sich in den letzten Jahren als das entscheidende Format für die Realisierung von Open BIM etabliert hat (BORRMANN et. al., 2015<sup>2</sup>).

Betrachtet man das Datenmodell IFC, unterscheidet man hierbei zwischen der IFC-Datei, die als Container zur Datenübergabe im STEP Format verwendet wird, und dem IFC-Datenschema, das die Spezifikationen im EXPRESS Datenformat definiert (BUILDINGSMART e.V.). STEP ist in der ISO 10303 verankert und stellt eine Vorgabe für den Aufbau von Dateien, mit denen geometrische Elemente übertragen werden können, zur Verfügung (BÄCK & NIEDERMAIER, 2016). Die Datenmodellierungssprache, die hinter STEP und damit auch hinter IFC steht, ist EXPRESS. Diese Programmiersprache zur Beschreibung von Objekten ermöglicht es objektorientierte Datenmodelle zu definieren, die in gegenseitiger Wechselwirkung stehen und miteinander interagieren können (BORRMANN et. al., 2015<sup>3</sup>). Objekte und Klassen werden in EXPRESS als Entitäten bezeichnet. Beispielsweise wird ein Fenster als Entitätstyp IfcWindow wiedergegeben. Zu jedem Entitätstyp werden Attribute und

---

<sup>1</sup> Kap. 6, A. BORRMANN et al.

<sup>2</sup> Kap. 6, A. BORRMANN et al.

<sup>3</sup> Kap. 6, A. BORRMANN et al.

Beziehungen zu anderen Entitätstypen definiert und es wird festgelegt, wie diese vererbt werden. Eine Beziehung zwischen einer Entität (also einem bestimmten Objekt) zu einer anderen Entität wird dadurch ausgedrückt, dass eine Entität ein Attribut der anderen Entität enthält (BORRMANN et. al., 2015<sup>1</sup>).

Ein Ausschnitt aus der Definition des IFC-Entitätstyps `IfcWindow` mithilfe der Datenmodellierungssprache EXPRESS würde wie folgt aussehen

```
ENTITY IfcWindow
  SUPERTYPE OF (IfcWindowStandardCase)
  SUBTYPE OF IfcBuildingElement;
  OverallHeight      : OPTIONAL IfcPositiveLengthMeasure;
  OverallWidth       : OPTIONAL IfcPositiveLengthMeasure;
  PredefinedType     : OPTIONAL IfcWindowTypeEnum;
  PartitioningType    : OPTIONAL IfcWindowTypePartitioningEnum;
```

Abb. 2.2 Ausschnitt aus den IFC für Fenster (BUILDINGSMART INTERNATIONAL, 2018)

Innerhalb der Vererbungshierarchie der IFC steht die Entität `IfcWindow` über dem `IfcWindowStandardCase` (Standardfenster) und unter dem `IfcBuildingElement` (Bauteil). Angaben zur `OverallHeight` (Gesamthöhe) und `OverallWidth` (Gesamtbreite) sind optional und müssen aus positiven Zahlenwerten bestehen. Der vordefinierte `IfcWindowType` (Fenstertyp) kann aus der `Enumeration` (Liste) der `IfcWindowTypeEnum` (Ifc-Fenstertypen) gewählt werden. Der `PartitioningType` (Aufteilungstyp) gestaltet schließlich den Aufbau des Fensters (BUILDINGSMART INTERNATIONAL<sup>2</sup>).

Ein wesentliches Attribut, das in der Struktur der IFC verankert ist, stellt der Globally Unique Identifier (GUID) dar. Dabei handelt es sich um eine im Modell einmalig vergebene Identifikationsnummer, die den einzelnen Zugriff und Verweis auf die Elemente eines Bauwerksmodells erlaubt (vgl. hierzu auch Abschnitt 3.3).

Mit IFC4 wurde 2013 die bis heute aktuellste Version veröffentlicht, wobei IFC2x3 aus dem Jahr 2006 noch immer das am häufigsten implementierte Format darstellt (BUILDINGSMART INTERNATIONAL).

#### 2.4.2 Das BIM Collaboration Format (BCF)

*„Das Open BIM Kollaboration Format ist eine Datenschnittstelle zum vereinfachten Austausch von Informationen während des Arbeitsprozesses zwischen verschiedenen Softwareprodukten basierend auf der IFC. Es ermöglicht eine modellbasierte Kommunikation zwischen verschiedenen Anwendern und informiert über Status, Ort, Blickrichtung, Bauteil, Bemerkung, Anwender und Zeitpunkt im IFC Datenmodell.“* (BUILDINGSMART E.V.)

Das BIM Collaboration Format (BCF) wurde in Kooperation der beiden Firmen Solibri und Tekla in der buildingSMART-Organisation im Jahr 2010 entwickelt, um Änderungen innerhalb eines Modells markieren und Informationen dazu austauschen zu können. Die Besonderheit dieses Formats ist es, dass damit keine Bauwerksmodelle übertragen werden,

<sup>1</sup> Kap. 6, A. BORRMANN et al.

<sup>2</sup> <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/>

sondern lediglich Informationen dazu (BORRMANN et. al, 2015<sup>1</sup>). Mit einer kodierten Nachricht können zwei Softwaresysteme miteinander kommunizieren und gegenseitig Informationen austauschen.

Dabei ist jede BCF-Datei über den universellen *Globally Unique Identifier* GUID (vgl. hierzu auch Abschnitt 3.3) der zugrunde liegenden IFC-Datei mit dem Objekt verknüpft, auf das sie sich bezieht und stellt damit einen eindeutigen Verweis sicher (BUILDINGSMART INTERNATIONAL). Auf diese Weise können die betroffenen Elemente schnell angepasst und wieder übernommen werden.

Das BCF-Format basiert auf der plattformunabhängigen Programmiersprache *Extensible Markup Language* (XML). Die ZIP-komprimierten BCF-Dateien enthalten eine Reihe von Verzeichnissen und Dateien, wobei ein einzelnes Verzeichnis genau einem Sachverhalt entspricht. Über einen eindeutigen Identifikator (Universally Unique ID - UUID) ist jeder Sachverhalt genau bestimmt. In einem solchen Verzeichnis sind folgende Dateien abgelegt: eine kurze XML-Datei mit entsprechenden Angaben zum jeweiligen Sachverhalt, eine XML-Datei zur Visualisierung des Ansichtspunktes am 3D-Modell und eine PNG- oder JPEG-Datei für Anhänge (BORRMANN et al., 2015<sup>2</sup>).

Gerade in Planungs- und Ausführungsprozessen, die stark arbeitsteilig sind und in denen eine große Anzahl detaillierter Modellinhalte verwaltet werden muss, kommt dem BCF-Format eine Schlüsselrolle bei der Umsetzung des Open BIM-Ansatzes zu (BORRMANN et. al., 2015<sup>3</sup>).

#### 2.4.3 Das GAEB DA XML-Format

Das vom „Gemeinsamen Ausschuss Elektronik im Bauwesen“ (GAEB) entwickelte GAEB DA XML-Format soll dazu dienen, *„einen einheitlichen Standard für den Austausch von Bauinformationen zu vereinbaren und damit alle Anforderungen an elektronische Prozesse zur Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung bei der Durchführung von Baumaßnahmen zu unterstützen.“* (GAEB, 2018)

Basierend auf der international anerkannten Auszeichnungssprache Extensible Markup Language (XML), ist es mit GAEB DA XML möglich, auch komplexe Strukturen übertragen zu können (GAEB, 2018).

#### 2.4.4 Das CPIXML-Format

*„Das CPIXML-Austauschformat ist Basis für die modellorientierte Projektarbeit mit RIB iTWO 5D in der Kalkulationsphase, der Bauausführung oder der Abrechnung.“* (RIB SOFTWARE AG, 2018)

Mit dem von der RIB Software AG entwickelten CPI (*Construction Process Integration*) XML-Format können wie mit dem IFC-Format 3D-Bauwerksinformationsmodelle ausgetauscht werden. Zusätzlich können die Geometrieinformationen um die Komponenten Kosten und Zeit, zu einem 5D-Bauwerksmodell, erweitert werden. Im Gegensatz zu den IFC, handelt es sich beim CPIXML-Format jedoch um ein proprietäres Datenformat.

---

<sup>1</sup> Kap. 7, J. BEETZ et al.

<sup>2</sup> Kap. 7, J. BEETZ et al.

<sup>3</sup> Kap. 7, J. BEETZ et al.

## 3 Datenmanagement

Voraussetzung für die Realisierung der BIM-Potentiale ist die gemeinschaftliche Nutzung von Modellinformationen in allen Projektbereichen. Dabei spielen Kommunikation und Zusammenarbeit eine wesentliche Rolle und entscheiden letztlich mit über Erfolg oder Misserfolg sowie den erfahrenen Mehrwert eines BIM-basierten Arbeitsansatzes. In BIM-Projekten erfolgt der Informationsaustausch idealerweise an bzw. mit dem Gebäudemodell als zentraler Datenbasis. Dafür gilt es einen gemeinsamen Datenraum zu etablieren, auf dem das Datenmanagement, für alle Projektbeteiligten zugänglich, umgesetzt werden kann. Neben der Verwaltung der eigentlichen Bauwerksdaten aus den beteiligten Anwendungssystemen umfasst das Datenmanagement auch die Verwaltung der beteiligten Akteure und Organisationsstrukturen. Grundlage des Datenmanagements sind eindeutig adressierbare und nutzbare Mengen von Daten, auch *Informationsressource* genannt (SCHAPKE, 2015). Ein hierauf aufbauendes Informations- und Konfigurationsmanagement des gemeinsamen Datenraums steigert die Qualität des Informationsaustausches und erleichtert die Nutzung der entsprechenden Informationsmodelle (VON BOTH et al, 2013).

### 3.1 Notwendigkeit einer kooperativen Datenverwaltung

Primäres Ziel im BIM-Prozess ist es die Koordination und Kommunikation im Planungs-, Bau und Nutzungsalltag zu verbessern und zu vereinfachen. Dadurch sollen Fehler reduziert und die Qualität erhöht werden. Heute geschieht die Abstimmung noch zu einem Großteil mit einzelnen Dateien. Die Kontrolle, Koordination und Abstimmung der ausgetauschten Daten auf diese Art und Weise ist sehr aufwendig und fehleranfällig (BORRMANN et al., 2015<sup>1</sup>). Gerade bei großen und komplexen Bauvorhaben wächst die zu verwaltende Datenmenge schnell ins Unermessliche. Die Kontinuität des Informationsaustausches über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes ist daher von entscheidender Bedeutung, um die Potentiale von BIM ausschöpfen zu können. Folglich bedarf es eines integrierten Arbeitsansatzes, um die Informationsressourcen der einzelnen Fachdisziplinen strukturiert zu erfassen, zu verwalten und auszutauschen. Durch die Bereitstellung eines digitalen Dateninformationsmodells in einer zentralen Datenverwaltung stehen Projektinformationen in ihrer Gesamtheit jederzeit uneingeschränkt und auf dem aktuellen Stand zur Verfügung. Detailinformationen und Fragestellungen können direkt der zugehörigen Modellkomponente zugewiesen und mit dieser verknüpft werden. Diese veränderte Art der Kommunikation und Zusammenarbeit erfordert eine Umstellung und Anpassung der heutigen Arbeitsweise sowie den Einsatz neuer Methoden und Verfahren (BORRMANN et al., 2015<sup>2</sup>).

---

<sup>1</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

<sup>2</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

### 3.2 Richtlinien und Standards

Grundlegende Anforderungen an die Funktionalitäten eines effizienten Datenmanagements im Rahmen eines BIM-Einsatzes definieren in Deutschland beispielsweise die VDI-Richtlinie 2552 Blatt 5 oder die Bayerische Ingenieurkammer Bau in ihrer Veröffentlichung „Projekt-Kommunikations-Management-Systeme“.

Der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) „widmet sich seit 2015 als nationaler Regelsetzer der Erarbeitung der anerkannten Regeln der Technik zum Thema Building Information Modeling in der Richtlinienreihe VDI 2552“ (VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE, 2018). Mit Blatt 5 dieser Richtlinie veröffentlichte der Verein 2017 seine Vorgehensweisen für ein systematisches Datenmanagement im Rahmen der BIM-Methodik.

Einen ähnlichen Ansatz stellt die Veröffentlichung der Bayerischen Ingenieurkammer Bau dar. Abb. 3.1 zeigt einen Ausschnitt der Studie „Projekt-Kommunikations-Management-Systeme“ anhand dessen eine Bedarfsanalyse nach verschiedenen Kriterien stattfinden kann.

1	2	3	4	5	6
1	Basisanforderungen	Dokumentenmanagement	Planmanagement	Workflows	
1.1	Nachweis über Markterfahrung - Marktdurchdringung/Länder/ - Projektypologie - Sprachen deutsch international	3.1 Systematik der Ablage - Mit Unterordnerstruktur/Verzeichnis - Als Datenbank 3.2 Benachrichtigung für Empfänger Suchfunktion: Systematik/Abläufe - Nach Wahl: nur über Name und/oder 3.3 Technische Sicherheitsstanda - Firewall - Verschlüsselung	4.1 Systematik der Ablage - Mit Unterordnerstruktur/Verzeichnis - Als Datenbank - Hinterlegung einer Schnittstelle für FF 4.2 Benachrichtigung für Empfänger Suchfunktion: Systematik/Abläufe - Nach Wahl: nur über Name und/oder 4.3 Modulübergreifend - Modulspezifisch - Projektübergreifend - Projektspezifisch	5.1 Systematik der Ablage - Mit Unterordnerstruktur/Verzeichnis - Als Datenbank - Hinterlegung einer Schnittstelle für FF 5.2 Benachrichtigung für Empfänger Suchfunktion: Systematik/Abläufe - Nach Wahl: nur über Name und/oder 5.3 Modulübergreifend - Modulspezifisch - Projektübergreifend 5.4 Projektspezifisch 5.5 Filterfunktion: Systematik/Abläufe 5.6 Frei definierbare Pflichtfelder (Listbox)	Vorkonfigurierte Standardprozesse - Planprüfung, -freigabe und -versand - Rechnungslauf - Nachtragsmanagement - Änderungsmanagement - Behinderungsanzeigen - Weiter, welche? Manuelle Einrichtung der Workflows durch den Auftraggeber Übersichtsfunktion zu angelegten Workflows Darstellung des angelegten Workflows (z. B. als Flussdiagramm)/Übersicht des Vorgangs Fristenverfolgung mit Erinnerungsfunktion Automatische Nummerierung des Workflows (z.B. Nachtrag Nr. ...)
1.2	Technische Sicherheitsstanda - Firewall - Verschlüsselung	3.1 Systematik der Ablage - Mit Unterordnerstruktur/Verzeichnis - Als Datenbank 3.2 Benachrichtigung für Empfänger Suchfunktion: Systematik/Abläufe - Nach Wahl: nur über Name und/oder 3.3 Technische Sicherheitsstanda - Firewall - Verschlüsselung	4.1 Systematik der Ablage - Mit Unterordnerstruktur/Verzeichnis - Als Datenbank - Hinterlegung einer Schnittstelle für FF 4.2 Benachrichtigung für Empfänger Suchfunktion: Systematik/Abläufe - Nach Wahl: nur über Name und/oder 4.3 Modulübergreifend - Modulspezifisch - Projektübergreifend - Projektspezifisch	5.1 Systematik der Ablage - Mit Unterordnerstruktur/Verzeichnis - Als Datenbank - Hinterlegung einer Schnittstelle für FF 5.2 Benachrichtigung für Empfänger Suchfunktion: Systematik/Abläufe - Nach Wahl: nur über Name und/oder 5.3 Modulübergreifend - Modulspezifisch - Projektübergreifend 5.4 Projektspezifisch 5.5 Filterfunktion: Systematik/Abläufe 5.6 Frei definierbare Pflichtfelder (Listbox)	Berichte/Reporting Historienbericht Planlisten Planverteilisten (für Reprouaufträge)
1.3	Internet- und Intranet-basiert - Projektplattform auf dem Auf - Projektplattform auf dem Auf - Datenzychnrolisierung notw - Zugriff durch Externe und Int - Systemzugriff jederzeit (24/7)	3.4 Projektplattform auf dem Auf 3.5 Projektplattform auf dem Auf 3.6 Datenzychnrolisierung notw 3.7 Zugriff durch Externe und Int 3.8 Systemzugriff jederzeit (24/7)	4.4 Filterfunktion: Systematik/Abläufe 4.5 Frei definierbare Pflichtfelder (Listbox) 4.6 Hilfsfunktion zur korrekten Benennun 4.7 Import von Massendaten (CD, USB, et 4.8 Hochladen/Herunterladen von einzeln 4.9 Verteilen von einzelnen und von mehr 4.10 Bearbeiten der Dokumente direkt au - Dokumentarten - Sperren und Entsperrern der Dokumer - Kennzeichnung der Bearbeitung (Inde 4.11 Automatische Online-Komprimierung 4.12 Erstellung von Dynamischen Sichten (I 4.13 Versionsmanagement zur Vermeidung 4.14 Referenzieren bei Dokumentenanhäng 4.15 Dokumentation – Transaktionshistorie 4.16 Flexibles Rechte- und Rollenkonzept (j - Welche Merkmale? 4.17 Manuelle Einschränkung der Zugriffs 4.18 Digitale Signatur 4.19 Übernahme der Daten nach Projektab 4.20 Möglichkeiten der logischen Verknüpf 4.21	6.1 Import von Massendaten (CD, USB, et 6.2 Hochladen/Herunterladen von einzeln 6.3 Verteilen von einzelnen und von mehr 6.4 Bearbeiten der Pläne direkt auf der P - Dateiarten - Sperren und Entsperrern der Pläne wä - Kennzeichnung der Bearbeitung (Inde 6.5 Automatische Online-Komprimierung 6.6 Erstellung von Dynamischen Sichten (I 6.7 Versionsmanagement zur Vermeidung 6.8 Referenzieren zur Vermeidung von Re 6.9 Ablagehistorie 6.10 Flexibles Rechte- und Rollenkonzept (I - Welche Merkmale? 6.11 Manuelle Einschränkung der Zugriffs 6.12 Digitale Signatur 6.13 Übernahme der Daten nach Projektab 6.14 Online-Vergleich von Plänen (Abgleich 6.15 Planlauf-/Planstatusverwaltung 6.16 Planverfolgung: Soll-Ist-Vergleich mit 6.17 Erinnerung vor Fälligkeitsdatum 6.18 Digitale Planverteilung und Reprouaufträge, u. a. - Anbieterunabhängiger Versand der Reprouaufträge - Möglichkeit zur Erstellung der Versandvorlagen (Bestellformular; Qualität und Vervielfältigung) - Bestätigungsmeldung 6.19 Redlining (ja/nein) - Herkunft/Autor - Handling - Sichtbarkeit	Dienstprogramme/Modularer Aufbau des Systems Welche Module werden angeboten? - Kostenverfolgung - Verfolgung Genehmigungsverfahren - Terminverfolgung - Bautagebuch - Protokollierung - Weiter, welche? Welche Module sind getrennt voneinander nutzbar?
1.4	Technische Voraussetzungen f - IT-Umgebung, Kompatibilität MS-Weit Apple-Weit - Browser: welcher? Explorer Firefox Opera Safari Google Chrome Weiter, welche? - Lesbare und bearbeitbare Da - CAD-Viewer: Integriert? Wenn - PDF-Viewer: Integriert? Wenn - OCR Funktion - Bild-Viewer: Integriert? Wann - Technische Schritte für die Int	3.9 Technische Voraussetzungen f - IT-Umgebung, Kompatibilität 3.10 MS-Weit 3.11 Apple-Weit 3.12 - Browser: welcher? 3.13 Explorer 3.14 Firefox 3.15 Opera 3.16 Safari 3.17 Google Chrome 3.18 Weiter, welche? 3.19 - Lesbare und bearbeitbare Da 3.20 - CAD-Viewer: Integriert? Wenn 3.21 - PDF-Viewer: Integriert? Wenn 3.22 - OCR Funktion 3.23 - Bild-Viewer: Integriert? Wann 3.24 - Technische Schritte für die Int	4.1 Systematik der Ablage - Mit Unterordnerstruktur/Verzeichnis - Als Datenbank - Hinterlegung einer Schnittstelle für FF 4.2 Benachrichtigung für Empfänger Suchfunktion: Systematik/Abläufe - Nach Wahl: nur über Name und/oder 4.3 Modulübergreifend - Modulspezifisch - Projektübergreifend - Projektspezifisch 4.4 Filterfunktion: Systematik/Abläufe 4.5 Frei definierbare Pflichtfelder (Listbox) 4.6 Hilfsfunktion zur korrekten Benennun 4.7 Import von Massendaten (CD, USB, et 4.8 Hochladen/Herunterladen von einzeln 4.9 Verteilen von einzelnen und von mehr 4.10 Bearbeiten der Dokumente direkt au - Dokumentarten - Sperren und Entsperrern der Dokumer - Kennzeichnung der Bearbeitung (Inde 4.11 Automatische Online-Komprimierung 4.12 Erstellung von Dynamischen Sichten (I 4.13 Versionsmanagement zur Vermeidung 4.14 Referenzieren bei Dokumentenanhäng 4.15 Dokumentation – Transaktionshistorie 4.16 Flexibles Rechte- und Rollenkonzept (j - Welche Merkmale? 4.17 Manuelle Einschränkung der Zugriffs 4.18 Digitale Signatur 4.19 Übernahme der Daten nach Projektab 4.20 Möglichkeiten der logischen Verknüpf 4.21	7.1 Manuelle Einschränkung der Zugriffs 7.2 Digitale Signatur 7.3 Übernahme der Daten nach Projektab 7.4 Online-Vergleich von Plänen (Abgleich 7.5 Planlauf-/Planstatusverwaltung 7.6 Planverfolgung: Soll-Ist-Vergleich mit 7.7 Erinnerung vor Fälligkeitsdatum 7.8 Digitale Planverteilung und Reprouaufträge, u. a. - Anbieterunabhängiger Versand der Reprouaufträge - Möglichkeit zur Erstellung der Versandvorlagen (Bestellformular; Qualität und Vervielfältigung) 7.9 Bestätigungsmeldung 7.10 Redlining (ja/nein) - Herkunft/Autor - Handling - Sichtbarkeit	Administration Ist Administration auch durch den Auftraggeber möglich? Einfaches Anpassen von Berechtigungen Umbenennung der Accounts durch den Auftraggeber Grafische Ausgaben der Rechtematrix Einrichten von Stellvertretern für Abwesenheit

Abb. 3.1 Produktauswahl nach verschiedenen Auswahlkriterien

Diese Richtlinien und Standards bieten einen ersten Einblick in die Funktionsweise von Datenmanagementsystemen und helfen den Anwendern dabei bestimmte Funktionalitäten in Abhängigkeit des Anwendungsbereichs zu definieren.

### 3.3 Attribute und Eigenschaften

Den Attributen und Eigenschaften kommt im Zusammenhang mit einer effizienten BIM-Datenverwaltung eine besondere Bedeutung zu. Sie bilden einen der Kernaspekte der dahinter stehenden Methoden und Ideen und bilden die Grundlage für eine einheitliche Organisation und Auswertung der Informationsressourcen (BORRMANN et al., 2015<sup>1</sup>). Sämtliche Metadaten, die nicht in den Geometriewerten oder als Attribut eines Objektes

<sup>1</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

hinterlegt sind, können weder übertragen noch ausgewertet werden. Die meisten Softwarehersteller bieten bereits standardmäßig eine Auswahl an vordefinierten Attributen, die thematisch zu einzelnen Gruppen geordnet sind (ALLPLAN DEUTSCHLAND GMBH, 2016).

Eines der wichtigsten Attribute ist der „Identifikator“. Zur Identifizierung von Bauteilen innerhalb eines Bauwerksmodells haben in der Regel alle wichtigen Objekte einen sogenannten „Globally Unique Identifier“ (GUID). Diese universelle und damit eindeutige ID-Nummer setzt sich aus insgesamt 32 Zeichen zusammen, die in fünf Blöcke unterteilt sind und jedem Objekt einer Datenbank zugeteilt werden. Die daraus resultierende Anzahl an Kombinationen schließt aus, dass eine Nummer mehrfach vergeben wird (BUILDINGSMART INTERNATIONAL). Der GUID ermöglicht den einzelnen Zugriff auf die verwendeten Elemente. Außerdem können gleiche Elemente in verschiedenen Modellversionen miteinander verglichen werden und in entsprechenden Folge-Applikationen referenziert werden (BORRMANN et al., 2015<sup>1</sup>). Weitere wichtige und häufig verwendete Attribute sind allgemeine Angaben wie Name, Funktion oder Material. Dazu kommen die Geometriewerte des Objektes, die ebenfalls in Form von Attributen hinterlegt sind und zusätzlich durch bauteil- und modulspezifische Kennwerte (Bewehrungsgrad, Nutzungsart, etc.) ergänzt werden. Attribute und Eigenschaften bilden somit die Grundlage jeder Datenverwaltung und sind für den BIM-Prozess unverzichtbar.

### 3.4 Anforderungen an eine BIM Datenverwaltung

Die technischen Anforderungen an einen gemeinsam genutzten Datenraum zur Verwaltung der modellbasierten Projektinformationen hängen im Wesentlichen von den folgenden Aspekten ab (BORRMANN et al, 2015<sup>2</sup>).

#### 3.4.1 Kommunikation und Kooperation

In Abhängigkeit von der räumlichen und zeitlichen Verteilung der Akteure wird allgemein zwischen der *zeitlich synchronen* und der *zeitlich asynchronen* Kommunikation sowie der *örtlich lokalen* und der *örtlich verteilten* Kommunikation unterschieden. Trägt man die Dimension „Zeit“ horizontal und die Dimension „Raum“ vertikal an, so erhält man eine entsprechende Zeit-Raum-Matrix.

---

<sup>1</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

<sup>2</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

	gleichzeitig <i>synchron</i>	ungleichzeitig <i>asynchron</i>
örtlich zusammen <i>colocated</i>	<b>von Angesicht zu Angesicht</b> Besprechungsräume, gemeinsame Präsentationsflächen, Flipcharts etc.	<b>fortlaufend geteilter Arbeitsort</b> Projekträume, Baucontainer etc.
örtlich getrennt <i>remote</i>	<b>medial vermittelte Interaktion</b> Telefon, Videokonferenz, geteilte Anwendungen, (web-basierte) Mehrbenutzer-Editoren etc.	<b>Kommunikation und Koordination</b> Post, E-Mail, Kalendersysteme, Modellservers, Versionskontrolle, Projektplattformen, Dokumentenmanagement Systeme etc.

Abb. 3.2 Zeit-Raum-Klassifikation kooperativer Arbeit (BORRMANN et al., 2015<sup>1</sup>)

Zudem wird zwischen direkter und indirekter Kommunikation unterschieden. Bei der direkten Kommunikation basiert der Informationsweg auf dem direkten Austausch von Informationen. Bei der indirekten Kommunikation erfolgt der Informationsaustausch durch die Bearbeitung gemeinsamer Informationsressourcen (BORRMANN et al., 2015<sup>2</sup>).



Abb. 3.3 Direkte und indirekte Kommunikation (BORRMANN et al., 2015<sup>3</sup>)

Je nachdem in welcher Organisationsform interagiert wird, existieren unterschiedliche Definitionen von Kommunikation und Zusammenarbeit. KOCH (1997) strukturiert und definiert diese wie folgt:

- **Information:** Hier kann der Datenaustausch anonym, ohne Kenntnis über die weiteren Projektbeteiligten, erfolgen.
- **Koordination:** Der Fokus liegt hier auf der Synchronisation gemeinsam genutzter Informationsressourcen. Die beteiligten Akteure müssen dabei kein gemeinsames Ziel verfolgen.
- **Kollaboration:** Alle Akteure sind Teil desselben Arbeitsprozesses und verfolgen ein gemeinsames, übergeordnetes Ziel. Trotzdem ist jedem Akteur eine bestimmte Teilaufgabe zugeordnet, so dass die Leistung jedes Einzelnen getrennt bewertet

<sup>1</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

<sup>2</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

<sup>3</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

werden kann. Das Ergebnis des Kollaborationsprozesses besteht schließlich aus allen Beiträgen der einzelnen Projektteilnehmer.

Der Erfolg der Kollaboration hängt von der Bereitschaft der Individuen ab, ein gemeinsames Verständnis der Aufgabe zu entwickeln und ein gemeinsames Wissen aufzubauen.

- **Kooperation:** Die Kooperationspartner arbeiten an einem gemeinsamen Projekt mit gemeinsamen Zielen. Persönliche Bestrebungen werden dem Gruppenziel untergeordnet. Die Individuen können bei dieser Form der Zusammenarbeit gleichberechtigt oder auch nicht gleichberechtigt sein und stehen in ständigem Austausch zu einander. Wie bei der Kollaboration sind ein übereinstimmendes Verständnis der Aufgabe und gemeinsames Wissen die entscheidenden Faktoren für das Erreichen des gemeinsamen Ziels.

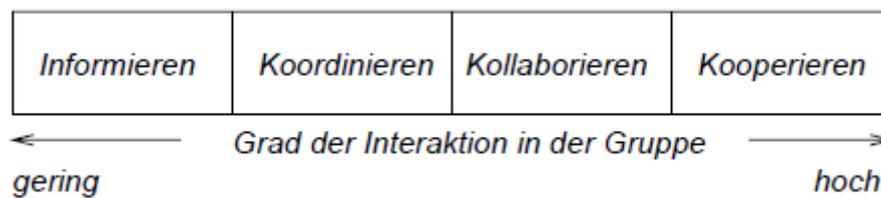


Abb. 3.4 Verschiedene Stufen der Zusammenarbeit (KOCH, 1997)

### 3.4.2 Nebenläufigkeitskontrolle

Bei der Vielzahl an Projektteilnehmern eines Bauvorhabens wird es häufig vorkommen, dass zwei, zur Durchführung von Änderungen berechnete Nutzer zur selben Zeit auf ein und dasselbe Teildokument zugreifen wollen. Um Inkonsistenzen und Widersprüche zu vermeiden, ist eine Koordination der Zugriffe notwendig. Die Regelung der Zugriffsrechte erfolgt entweder *pessimistisch*, indem Konflikte durch Sperrung eines Dokuments vermieden und nur bestimmte Änderungen erlaubt werden, oder *optimistisch*, indem Konflikte zugelassen und erst im Nachhinein identifiziert und wieder aufgelöst werden (KOCH, 1997).

Abb. 3.5 zeigt ein Modell der verteilt-synchronen Zusammenarbeit, anhand dessen sich die pessimistische und optimistische Nebenläufigkeitskontrolle gut veranschaulichen lassen.

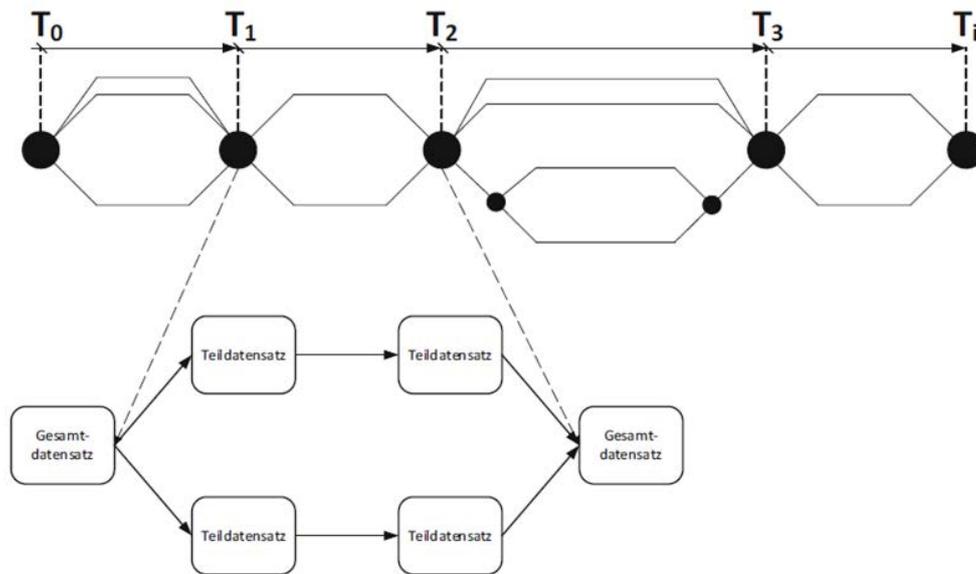


Abb. 3.5 Koordination einzelner Planungsabschnitte durch Zusammenführen von Teildatensätzen (BORRMANN et al., 2015<sup>1</sup>)

Das Modell untergliedert den Koordinationsprozess in einzelne Abschnitte, die durch die einzelnen Koordinationspunkte  $T_i$  miteinander verbunden sind. Zunächst extrahieren die Nutzer die für ihre jeweilige Aufgabe erforderlichen Informationen aus dem Gesamtdatenbestand (Extraktion), um ihre individuellen Änderungen und Ergänzungen in einem lokalen Teildatensatz vorzunehmen (Modifikation). Danach wird der lokale Teildatensatz wieder in den Gesamtdatenbestand zurückgespielt und mit den anderen bearbeiteten Teildatensätzen zusammengeführt (Integration) (BORRMANN et al., 2015<sup>2</sup>). An allen Koordinationspunkten wird ein konsistenter und konfliktfreier Modellstand gefordert.

Bei der *pessimistischen Nebenläufigkeitskontrolle* erfolgt eine Sperre der in einen Teildatensatz extrahierten Datensätze im Gesamtdatenbestand. In diesem Zeitraum ist es anderen Nutzern nicht möglich den gleichen Teildatensatz zu bearbeiten. Durch eine globale Serialisierung der Zugriffsrechte wird die gleichzeitige Bearbeitung der Informationsressourcen verhindert (KOCH, 1997). Erst nach Integration des entsprechenden Teildatensatzes in den Gesamtdatenbestand, wird die Sperre wieder aufgehoben. Inwieweit Projektinformationen in diesem System gleichzeitig bearbeitet werden können, hängt dabei vom Aggregationsgrad der Informationsressourcen und dem Ausmaß der Sperrung ab (BORRMANN et al., 2015<sup>3</sup>). Es kann also ein ganzes Modell gesperrt werden oder auch nur einzelne Elemente.

Die optimistische Nebenläufigkeitskontrolle erlaubt die gleichzeitige Bearbeitung ein und desselben Datensatzes. Inkonsistenzen werden zunächst in Kauf genommen und müssen bei der Zusammenführung der Teildatensätze in den Gesamtbestand wieder aufgelöst werden (BORRMANN et al., 2015<sup>4</sup>).

Beide Arten der Nebenläufigkeitskontrolle haben Vor- und Nachteile. Die pessimistische Nebenläufigkeitskontrolle vermeidet einerseits Konflikte, andererseits müssen Nutzer

<sup>1</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

<sup>2</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

<sup>3</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

<sup>4</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

mitunter sehr lange warten, bis die extrahierten Teildatensätze wieder integriert und freigegeben sind. Im Gegensatz dazu bietet die optimistische Nebenläufigkeitskontrolle eine deutlich höhere Verfügbarkeit der Daten. Die Verwaltung und die Integration der Teildatensätze in den Gesamtdatenbestand können hier jedoch äußerst komplex und zeitaufwändig sein. Bei der Integration müssen sowohl die geometrischen Körper als auch die Eigenschaften der Bauwerkselemente verglichen werden. Alle Änderungen eines Teildatensatzes müssen auf andere Modelle übertragen und alle Abhängigkeiten zu anderen Elementen und Elementdaten berücksichtigt werden (BORRMANN et al., 2015<sup>1</sup>).

Die Vor- und Nachteile sind in der Praxis nach den aktuellen Gegebenheiten zu bewerten. Für konkrete Anwendungsfälle einer unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit, stellt die optimistische Nebenläufigkeitskontrolle die Praxis dar. Man kann sagen, dass optimistische Verfahren versuchen, Konsistenz herzustellen, anstatt Inkonsistenz zu vermeiden. Anstelle einer strengen Serialisierung, wird eine Synchronisation der Zugriffe bezweckt.

### 3.4.3 Rollen und Rechte

In BIM-Projekten wird eine Vielzahl an Informationen zwischen unterschiedlichen Beteiligten koordiniert. Hierfür bedarf es bestimmter Formen des Eigentums und der Rechte, durch die differenzierte Zugriffsrechte auf bestimmte Informationsressourcen verwaltet werden können. Hierzu gibt es zunächst die bestehenden Rollen, die sich aus den klassischen Leistungsbildern Architekt, Tragwerksplaner, TGA-Planer, etc. ergeben (ESCHENBRUCH et al., 2017).

Beim gemeinsamen Arbeiten mit digitalen Bauwerksmodellen müssen in den zugehörigen Metadaten dabei entsprechende Verantwortlichkeiten klar definiert sein. Eigentümer einer Informationsressource kann beispielsweise der Autor oder der zugewiesene Bearbeiter sein. Auch die Zugriffsrechte auf einzelne Projektbereiche müssen geklärt werden. Nicht jeder Akteur hat Zugriff auf alle Datensätze bzw. darf diese bearbeiten. Entsprechende Rechte können dabei nicht nur an einzelne Projektteilnehmer vergeben werden, sondern auch an Gruppen von Bearbeitern, die jeweils unterschiedliche Rollen wie etwa „Alle Mitarbeiter eines beteiligten Unternehmens“ einnehmen können (BORRMANN et al., 2015<sup>2</sup>). Als Information über die Nutzer, können Rollen außerdem wertvolle Aufschlüsse über den Zuständigkeitsbereich eines Akteurs oder dessen Funktion im Projekt liefern (KOCH, 1997).

Um die Zugriffsrechte in Abhängigkeit der vertraglichen Verhältnisse der Projektteilnehmer verwalten zu können, lassen sich in vielen Systemen „*hierarchische und kaskadierende Rollen und Rechte auf unterschiedlichen Aggregationsstufen festlegen*“ (Borrmann et al., 2015<sup>3</sup>).

### 3.4.4 Versionierung

Wie in Abschnitt 3.4.2 bereits dargestellt wird in der modellgestützten Zusammenarbeit ein Teildatensatz häufig von mehreren Personen bearbeitet. Für jeden Datensatz können somit verschiedene *Versionen* entstehen. Eine Informationsressource besteht folglich aus dem aktuellen Zustand und einem Versionserlauf der Operationen, die dazu geführt haben (KOCH,

---

<sup>1</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

<sup>2</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

<sup>3</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

1997). Alle vorgenommenen Änderungen an einem Teildatensatz sollten eindeutig gekennzeichnet werden. In der Praxis werden dazu meistens Versionsnummern verwendet. Bei jeder Versionierung sollten zusätzlich auch der verantwortliche Bearbeiter, der Änderungszeitpunkt und weitere Metadaten wie Kommentare erfasst werden (BORRMANN et al., 2015<sup>1</sup>). Im Laufe der Zeit entsteht aus einer linearen Historie somit ein Versionsbaum, der den Bearbeitungsprozess eines Datensatzes konsistent abbildet. Neue und veränderte Informationen können auf diese Art und Weise besser in den Gesamtkontext eingeordnet werden.

Die Revisionierung ist ein Spezialfall der Versionierung. Eine *Revision* stellt eine Zusammenfassung der Versionen eines Datensatzes dar, wodurch ein bestimmter Arbeitsstand festgehalten werden kann. Im Gegensatz zu einer Aktualisierung, die einen alten Bearbeitungsstand überschreibt, bleibt bei einer Revision der alte Bearbeitungsstand erhalten (BORRMANN et al., 2015<sup>2</sup>).

*Varianten* stellen einen weiteren wichtigen Aspekt der Versionierung dar. Erarbeiten zwei an einem Projekt beteiligte Akteure alternative Ausgestaltungen, z.B. ein konstruktives Detail, wird jeweils von einer Variante gesprochen. Varianten sind wichtig, um verschiedene Lösungswege aufzuzeigen und zu diskutieren. Im Laufe eines Bearbeitungsprozesses wird schließlich eine Variante ausgewählt und für die weitere Bearbeitung übernommen (BORRMANN et al., 2015<sup>3</sup>).

Abb. 3.6 beschreibt noch einmal den Zusammenhang zwischen Version, Revision und Variante in Form eines einfachen Versionsgraphen.

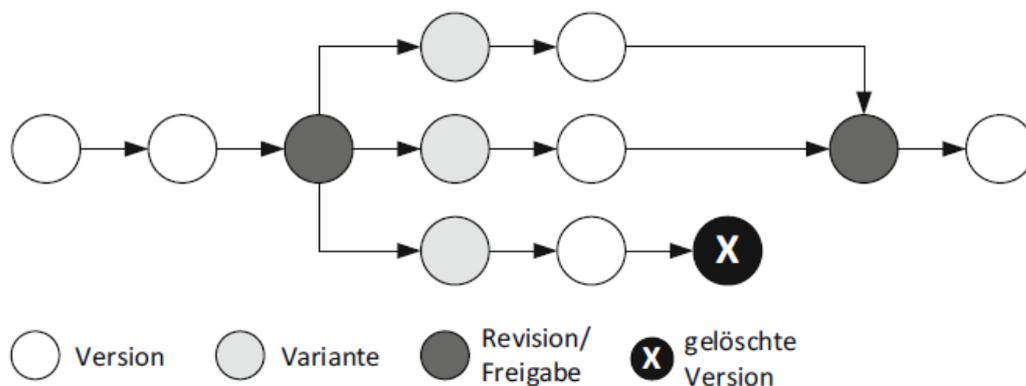


Abb. 3.6 Zusammenhang zwischen Version, Revision und Variante (BORRMANN et al., 2015<sup>4</sup>)

Die einfachste Art der Variantenbildung bietet eine einheitliche Dateinamenskennung. Eine Version, Revision oder Variante kann dabei über einen Teil der Kodierung einer Datei identifiziert werden (BORRMANN et al., 2015<sup>5</sup>). Eine einfache Dateinamenskennung kann z.B. wie folgt aussehen: MA\_ARC\_8\_NB\_V01. Diese exemplarische Datei liegt offenbar in einer Version 1 vor.

<sup>1</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

<sup>2</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

<sup>3</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

<sup>4</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

<sup>5</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

### 3.4.5 Freigabe und Archivierung

*„Die Freigabe kennzeichnet einen Prozess, bei dem eine abgestimmte, in der Regel revidierte Informationsressource durch einen berechtigten Partner signiert, veröffentlicht und weitergegeben wird.“* (BORRMANN et al., 2015<sup>1</sup>)

Ein klassisches Beispiel aus der Praxis stellt z.B. die Planfreigabe dar, bei der eine Konstruktionszeichnung durch die Unterschrift des Architekten als freigegeben gekennzeichnet wird. Bei der Verwendung von BIM steht die Freigabe der Bauwerksmodelle im Fokus. In der Regel erfolgt eine Freigabe nach der Prüfung der einzelnen Fachmodelle oder nach einer Kollisionsprüfung im Rahmen eines Koordinationsmodells (vgl. Abschnitt 4.2.2). Entsprechende Freigabeprozesse können mit Hilfe von Dokumentenmanagementsystemen oder internetbasierten Projektplattformen digital abgebildet werden. Bei der Verwendung solcher BIM-Kollaborationswerkzeuge sollten die Modelle in standardisierten Austauschformaten wie den IFC gespeichert und freigegeben werden (EASTMAN et al., 2011).

Eine weitere wichtige Funktionalität stellt die Archivierung dar. Durch die stetige Weiterentwicklung der BIM-Methodik und der damit verbundenen Softwareapplikationen, wächst auch die Herausforderung die Daten lückenlos zu sichern und zu archivieren. Problematisch ist hier vor allem die Anwendung von Closed BIM (vgl. Abschnitt 2.3). Die Gefahr besteht, dass Softwareanbieter und somit auch deren proprietäre Formate während der langen Nutzungsdauern bzw. Gewährleistungsfristen von Gebäuden vom Markt verschwinden und die verwendete Software ihr eigenes Datenformat nicht mehr verarbeiten kann (BORRMANN et al., 2015<sup>2</sup>). Hierin besteht ein großer Vorteil der Open-BIM Methodik mit offenen Datenstandards. Softwaresysteme, die offene Datenaustauschformate unterstützen, können die Dokumentation eines Bauwerks über seinen ganzen Lebenszyklus neu interpretieren und nutzen (KOHLHAAS, 2015). Auf diese Art und Weise entsteht keine Abhängigkeit von einer spezifischen Software und deren proprietären Formaten.

Private und öffentliche Bauherren sind besonders an die Langzeitarchivierung gebunden, da diese während des Objektbetriebs weiterhin auf die Daten zugreifen müssen (BORRMANN et al. 2015<sup>3</sup>).

## 3.5 BIM – Software zur unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit

Voraussetzung für die Realisierung der BIM-Potentiale ist die gemeinschaftliche Nutzung von Modellinformationen in allen Projektbereichen. Dies ist Stand heute mit einer Vielzahl verschiedener Technologien und Softwarewerkzeugen möglich. Dazu gehören gemeinsame Dateiablagen, Dokumentenmanagement-Systeme, internetbasierte Projektplattformen, proprietäre BIM-Server oder Produktmodellserver. Einige der auf dem Markt verfügbaren BIM-basierten Kollaborationswerkzeuge bieten neben der reinen Verwaltung von Informationsressourcen zusätzlich die Möglichkeit, einen Prozess zur Durchführung einer Aufgabe durch verschiedene Vertragsparteien digital abzubilden. Im folgenden Abschnitt

---

<sup>1</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

<sup>2</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

<sup>3</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

sollen die grundlegenden Funktionsweisen BIM-basierter Kollaborationswerkzeuge vorgestellt werden.

### 3.5.1 Funktionsweisen BIM-basierter Kollaborationswerkzeuge

Für die reibungslose Integration aller Projektteilnehmer in BIM-Kollaborationsplattformen sind ein genormter, flexibler Datenaustausch sowie der einfache Zugriff auf Informationsressourcen entscheidende Faktoren (DOBLER, 2009). Verschiedene, auf dem Markt verfügbare Systeme bieten hierzu entsprechende Funktionen an, um auf Grundlage des 3D-Modells Ausführungs- und Geschäftsprozesse abbilden zu können. Der zugrundeliegende Anwendungsfall bestimmt dabei die Rahmenbedingungen, die beteiligten Akteure sowie den inhaltlichen Bezug (VON BOTH et al., 2013). Ein systemunterstützter, (teil-) automatisierter Arbeitsablauf, der nach einem vorgegebenen Schema abläuft, wird dabei meist als sogenannter Workflow bezeichnet. Innerhalb eines effizienten Workflow-Managements gilt es dabei alle Aufgaben, die bei der Modellierung, Konfiguration und Steuerung des Workflows anfallen, zu verwalten (BORRMANN et al., 2015<sup>1</sup>).

Die Integration der am Entstehungsprozess einer Immobilie beteiligten Anwendungen und Prozesse in die unterschiedlichen Kollaborationssysteme stellt die verantwortlichen Akteure dabei häufig vor eine große Herausforderung, da die standardisierten Module eines Produktmodells nur selten individuelle und anwendungsspezifische Prozessmodelle im Vorhinein abbilden.

Daher brauchen BIM-basierte Kollaborationswerkzeuge entsprechende Infrastrukturlösungen, aus denen sich projektbezogene Netzwerke schnell und flexibel konfigurieren lassen. Die Grundlage dafür bilden umfassende Prozess- und Tätigkeitsanalysen, mit denen sich standardisierte und wiederkehrende Geschäftsprozesse identifizieren lassen (HAUSKNECHT & LIEBICH, 2016). Um die unternehmensübergreifenden Prozesse im Rahmen der BIM-Methodik nahtlos in die jeweilige Kollaborationsplattform integrieren zu können, ist die Schaffung geeigneter Schnittstellen zwischen Prozessen und Modellen somit ein Schlüsselfaktor BIM-basierter Kollaborationswerkzeuge. Erst dadurch wird der BIM-Ansatz in einen gemeinsamen Kontext zu den Geschäftsprozessen gebracht (VON BOTH et al., 2013).

### 3.5.2 Internetbasierte Projektplattformen

Internetbasierte Projektplattformen stellen den Projektbeteiligten eine zentrale Cloud-Lösung für die unternehmensübergreifende Zusammenarbeit in Projekten zur Verfügung. Die entsprechende Software kann über das Internet genutzt werden und bietet eine sofort verfügbare Projektinfrastruktur. Meist müssen bewährte und standardisierte Module nur noch an die Projektgegebenheiten konfiguratorisch angepasst werden. Sie werden von externen IT-Dienstleistern betrieben und von Anwendern als „Software as a Service“ (SaaS) gemietet (BORRMANN et al., 2015<sup>2</sup>).

Die meisten Anbieter solcher Plattformen bieten neben einem Dokumenten- und Prozessmanagement auch die Möglichkeit BIM-Daten zu verwalten und zu nutzen. Durch einen integrierten 3D-Viewer können alle Projektteilnehmer auch ohne installierte BIM-Software die Bauwerksmodelle visualisieren, prüfen und ggf. für eigene Folgeprozesse nutzen. Außerdem besteht die Möglichkeit die unternehmensübergreifenden

---

<sup>1</sup> Kap. 4, M. KÖNIG et al.

<sup>2</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

Kollaborationsprozesse durch Integration der BIM-Modelle transparenter und verständlicher zu gestalten.

### 3.5.3 BIM-Server

Im Kontext von BIM-Servern unterscheidet man vor allem proprietäre BIM-Server bestimmter Softwareanbieter und herstellernerneutrale Produktmodell-Server. Beide Lösungen werden im Folgenden kurz vorgestellt.

#### Proprietäre BIM-Server

Viele Hersteller von Softwarewerkzeugen zur Erstellung von digitalen Gebäudemodellen bieten auch Server-Systeme an, in denen die Modelle gemeinsam verwaltet und bearbeitet werden können. Dies geschieht in proprietären BIM-Servern. Meist sind diese Server direkt mit der entsprechenden CAD-Software verknüpft, so dass die Modelle direkt aus der Bearbeitungsumgebung bearbeitet, kommentiert oder beispielsweise gesperrt werden können. Alle Änderungen und Anpassungen werden in einem zentralen Modell auf einem externen Server gespeichert. Meist lassen sich in diesen BIM-Servern jedoch nur Modelle verwalten und bearbeiten, die in dem herstellerspezifischen Datenformat abgespeichert werden. Eine unternehmensübergreifende Bearbeitung ist meist nur eingeschränkt oder gar nicht möglich. Für eine umfassende Integration aller beteiligten Softwareapplikationen und ihrer entsprechenden Teilmole, sind daher Produktmodell-Server notwendig, die auf herstellernerneutralen „*Produktmodellen, Datenschnittstellen und Kommunikationsprotokollen basieren*“ (BORRMANN et al., 2015<sup>1</sup>).

#### Produktmodell-Server

Bei einer so stark fragmentierten Industrie wie dem Baugewerbe, ist es nahezu unmöglich eine Software zu entwickeln, die allen Ansprüchen gerecht werden kann. Stattdessen existieren viele Softwareapplikationen, die sich auf ein Fachgebiet spezialisieren. Um die verschiedenen Softwaresysteme miteinander zu verbinden, existieren sogenannte Produktmodell-Server. Die kleinste verwertbare Einheit dieser Server-Systeme sind keine Dateien, sondern feingliedrige Daten wie einzelne Attribute eines Objektes. Im Gegensatz zu proprietären BIM-Servern oder internetbasierten Projektplattformen, in denen Dateien mit attribuierten Bauteilen verwaltet werden, werden die Attribute bei einem Produktmodellserver direkt in eine Datenbank eingegeben (ALBRECHT, 2013). Die Daten werden dabei objektorientiert gespeichert. Zur Modellierung dieser Datenstruktur wird die Modellierungssprache EXPRESS, die auf dem STEP-Standard beruht, verwendet (vgl. Abschnitt 2.4.1). Somit wird die Kompatibilität mit dem IFC-Format hergestellt, das ebenfalls auf den STEP-Standards aufbaut (BORRMANN et al., 2015<sup>2</sup>).

In einem ersten Schritt wird ein vollständig erstelltes Produktmodell in einem neutralen Austauschformat (z.B. IFC) zentral in einem Produktmodell-Server abgespeichert. Über entsprechende Schnittstellen kann dann direkt auf die einzelnen Modellelemente, ihre Eigenschaften und Beziehungen zugegriffen werden (BORRMANN et al., 2015<sup>3</sup>). Ein Nutzer kann dabei gezielt auf die Daten zugreifen, welche er benötigt. Für die gemeinsame Bearbeitung der Informationsressourcen wird in der Regel die optimistische

---

<sup>1</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

<sup>2</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

<sup>3</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

Nebenläufigkeitskontrolle (vgl. Abschnitt 3.4.2) angewandt. Konflikte, die während der parallelen Bearbeitung am Modell entstehen, müssen bei deren Rückführung von den Planungsbeteiligten gelöst werden.

Um den Anforderungen und Abläufen der Bauindustrie gerecht zu werden, muss ein Produktmodell-Server den branchenüblichen Prozessen und Datenstrukturen entsprechen und zugleich auf die Gegebenheiten eines spezifischen Projektes anpassbar sein (EASTMAN et al. 2011). Abb. 3.7 stellt die Komponenten des quelloffenen und frei verfügbaren Produktmodellserver *bimserver.org* dar.

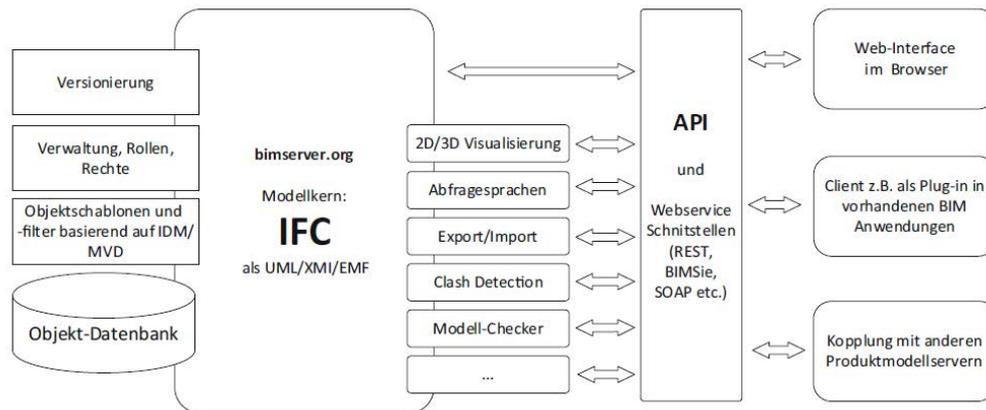


Abb. 3.7 Komponenten des IFC-Produktmodellserver *BIMserver.org* nach BETZ et al. 2010 (BORRMANN et al. 2015<sup>1</sup>)

Der Kern der Software basiert auf dem offenen Standard der IFC. Wie bereits zuvor erläutert, ist der BIM-Server kein File-Server. Daten werden als Objekte in der zugrundeliegenden Datenbasis gespeichert und interpretiert. Der Server basiert auf einer Datenbank und kann durch weitreichende Schnittstellen in seiner Funktionalität entsprechend erweitert werden. Auf Grundlage des Produktmodell-Servers kann somit eine projektspezifische Arbeitsumgebung zur Verwaltung und Bearbeitung der BIM-Modelle geschaffen werden. Die Flexibilität bei der jeweiligen Projekteinrichtung steht dabei jedoch häufig in direktem Zusammenhang mit einem hohen Konfigurationsaufwand (BORRMANN et al., 2015<sup>2</sup>).

<sup>1</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

<sup>2</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

## 4 BIM-gestützte Zusammenarbeit

In Kapitel 4 werden die notwendigen projektspezifischen Vereinbarungen unter den Projektpartnern vorgestellt, die festlegen, wie die BIM-Methode erfolgreich in einem Bauprojekt anzuwenden ist. Neben den notwendigen Prozessen und Absprachen, die zu Projektbeginn getroffen werden sollten, wird die BIM-Methodik als Gesamtprozess vorgestellt. Außerdem wird die Definition von benötigten Modellinhalten näher erläutert.

### 4.1 Informationsmanagement

Das Informationsmanagement regelt die Vorbereitung, Planung und die Abwicklung der BIM-basierten Prozesse im Projekt und nimmt somit eine entscheidende Rolle für das Erreichen der vereinbarten Projektziele ein. Während der Ausführungsphase eines Projektes stellt das BIM-Informationsmanagement sicher, dass die definierten Austauschszenarien zwischen den Vertragspartnern durchgeführt und erreicht werden (SIEMENS REAL ESTATE, 2017). Zusätzlich definiert es die Anforderungen an die BIM-Modelle, wie deren Struktur, Inhalt und Qualität der relevanten Informationen sowie die Vorgaben zu den BIM-Werkzeugen und zu technischen Parametern, wie der zugelassenen Software, Datenformate, Austauschformate und der einzusetzenden Projektplattform (HAUSKNECHT & LIEBICH, 2016). Bei der Definition dieser Vorgaben ist stets zu beachten, ob ein open BIM Ansatz bzw. ein closed BIM Ansatz verfolgt wird.

In Bezug auf die Bauwerksmodelle, die als Informationsbasis während des Arbeitsprozesses dienen, müssen folgende Fragen beantwortet werden (HAUSKNECHT & LIEBICH, 2016):

- **Wer** ist für die Erstellung der fachspezifischen Bauwerksmodelle verantwortlich?
- **Was** ist der vereinbarte Standard, dem die Fachmodelle genügen müssen?
- **Wann** müssen die Bauwerksmodelle geliefert werden?
- **Wofür** sind die jeweiligen Bauwerksmodelle angedacht?
- **Wie** werden die Bauwerksmodelle den Projektteilnehmern zur Verfügung gestellt?
- **Welche** Folgeprozesse können durch die Bauwerksmodelle optimiert werden?

#### 4.1.1 Rahmenrichtlinien

Für die unternehmensübergreifende Zusammenarbeit sind offene Standards und Richtlinien von Zentraler Bedeutung, um die häufig sehr unterschiedlichen Informationssysteme und Organisationen der Projektbeteiligten möglichst schnell und eng miteinander zu koppeln (Schapke, 2015). Grundlegende Anforderungen an das Informationsmanagement mit BIM beschreiben in erster Linie Rahmenrichtlinien, wie z.B. die britische PAS 1192-2, die deutsche VDI 2552 und die europäische ISO 19650. So macht beispielsweise die PAS 1192-2 im Wesentlichen Vorgaben für:

- die zentral bzw. gesicherte Verfügbarkeit von Informationen („single source“)
- definierte Prozesse
- den Rahmen anzuwendender Technologien

Der in der PAS entwickelte Informationskreislauf bietet dabei eine präzise Übersicht der zu liefernden Informationen in Abhängigkeit der Projektphase. Der Managementprozess der zu liefernden Informationen wird dabei in blau angezeigt und die im Zentrum der unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit stehende Kollaborationsplattform (engl. *Common Data Environment – CDE*) in grün.

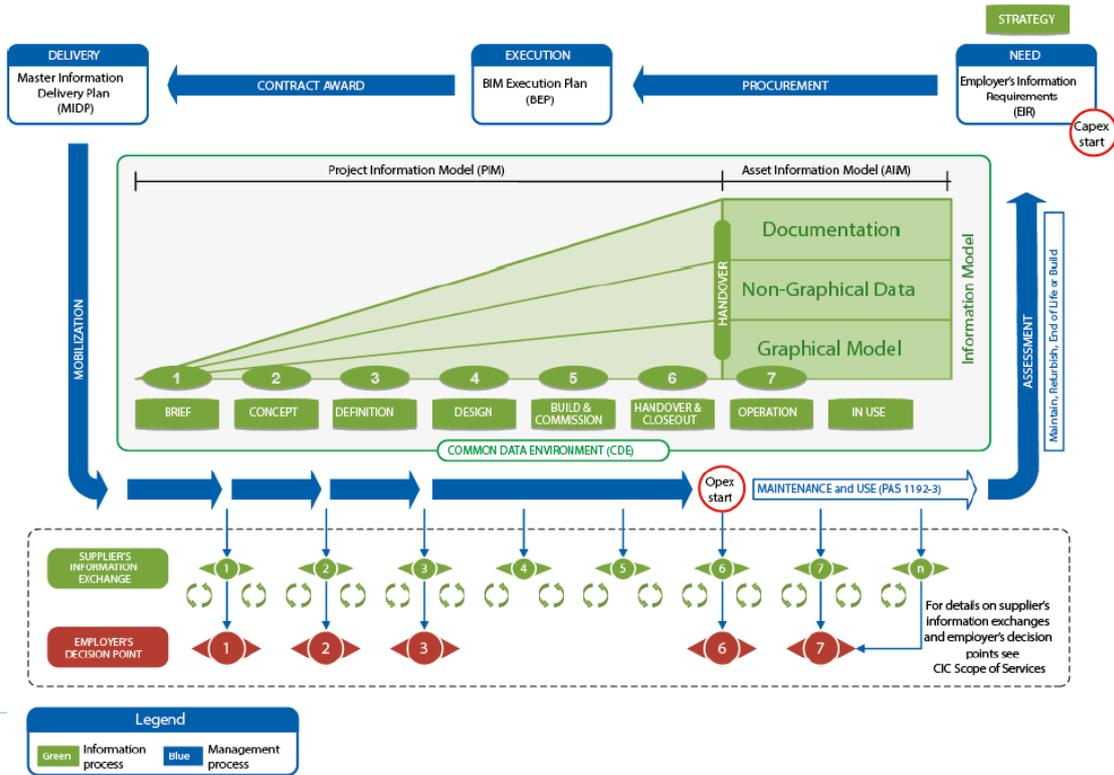


Abb. 4.1 BIM-Informationsmanagement (THE BRITISH STANDARDS INSTITUTION, PAS 1192-2, 2013)

#### 4.1.2 Der BIM-Projektabwicklungsplan

Der BIM-Projektabwicklungsplan beschreibt die Rahmenbedingungen einer BIM-basierten Zusammenarbeit im jeweiligen Projekt. Neben den Projektzielen, den Organisationseinheiten und den daraus resultierenden Rollen, definiert er die BIM-Prozesse sowie Austauschforderungen an die einzelnen Beteiligten. Die Basis für den Projektabwicklungsplan liefern die Auftraggeber Informationsanforderungen, kurz AIA. Im Wesentlichen umfassen die AIA die Projektziele, die technische Umsetzung und die Anforderungen an den potentiellen Auftragnehmer. Aus den AIA wird schließlich ein detaillierter BIM-Projektabwicklungsplan erarbeitet, der dann zumeist Vertragsbestandteil zwischen dem Auftraggeber und den Projektteilnehmern wird (EGGER et al., 2013).

Im BIM-Leitfaden für Deutschland (EGGER et al., 2013) empfehlen die Autoren die Vorlage des Projektentwicklungsplans der Penn State University als Basis einer deutschen Ausgestaltung heranzuziehen.

Dieser enthält:

- BIM-Projektentwicklungsplan Handbuch
- BIM-Projektentwicklungsplan Vorlage
- Spezielle Vorlagen zur Bestimmung der projektspezifischen
  - BIM-Ziele und Anwendungen
  - BIM-Prozessanalyse und Prozessdiagramme
  - Datenaustauschanforderungen und Verantwortlichkeiten

Entsprechende Vorlagen müssen jedoch stets an die jeweiligen Projektgegebenheiten angepasst werden.

Weitere Beispiele zu Vereinbarungen, die vor Projektbeginn in einem BIM-Projektentwicklungsplan festgelegt werden sollten, werden im Folgenden kurz vorgestellt:

### **Modellierungsstandard**

Die BIM-Datenanforderungen und die Definition der allgemeinen BIM-Modellierungsrichtlinien sind AG-seitige Leistungen, die unterstützt durch die BIM-Beratung erbracht werden und der Sicherstellung der Einhaltung der vertraglich vereinbarten BIM-Leistungen in den jeweiligen Planungs- und Ausführungsphasen dienen.

### **BIM Anwendungsfälle**

Bestimmte Datenaustauschszzenarien werden in sogenannten BIM-Anwendungsfällen beschrieben. Hierbei gilt es festzulegen, wie diese umgesetzt werden sollen und welche Leistungen im Rahmen des jeweiligen Anwendungsfalls zu liefern sind.

### **Datenmanagement**

In einem BIM-Projektentwicklungsplan sollten die technischen Anforderungen für ein kollaboratives Arbeitsumfeld und die Prozesse für die Datenerstellung, -verarbeitung und -nutzung beschrieben werden. Hierunter fällt ebenfalls die Definition von entsprechenden Rollen und Verantwortlichkeiten (vgl. Kapitel 3).

Eine beispielhafte Übersicht eines BIM-Projektentwicklungsplans könnte wie folgt aussehen (EGGER et al., 2013):



Abb. 4.2 Übersicht eines BIM-Projektentwicklungsplans (EGGER et al., 2013)

Der Projektentwicklungsplan beschreibt damit das Vorgehen, die Verantwortlichkeiten und die Abläufe zur Umsetzung der definierten Anforderungen und Lieferleistungen in Abhängigkeit des jeweiligen Projektes. Diese Organisationsregeln fördern die Zusammenarbeit der Projektbeteiligten und bauen ein gemeinsames Verständnis über die zu erbringenden Leistungen auf. Potentielle Ergänzungen und Anpassungen am Projektentwicklungsplan kann der Bieter während der Vertragsverhandlungen einbringen, sodass eine einheitliche Basis zur Durchführung der geplanten BIM-Anwendungsfälle entsteht (EGGER et al., 2013).

## 4.2 Der BIM-Kollaborationsprozess

Um ein besseres Verständnis von Building Information Modeling im Sinne einer Arbeitsmethodik zu gewinnen, werden in Kapitel 4.2 die Ansätze einer modellbasierten und unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit vorgestellt.

### 4.2.1 Fachspezifisches Arbeiten

Grundlage der modellbasierten Zusammenarbeit sind die digitalen Bauwerksmodelle der verschiedenen Projektteilnehmer, die im Rahmen eines Open BIM-Ansatzes mit vielen verschiedenen Modellierungswerkzeugen erstellt werden. Da diese Modelle die fachspezifischen Merkmale der entsprechenden Domäne abbilden, werden sie auch als Fachmodelle bezeichnet. Neben der geometrischen Darstellung der Bauwerksmodelle, spielen dabei auch die fachlichen Inhalte eine entscheidende Rolle (BORRMANN et al., 2015<sup>1</sup>).

Die Fachmodelle werden durch die verantwortlichen Objekt- und Fachplaner der unterschiedlichen Gewerke in den jeweiligen Leistungsphasen des Planungsprozesses erzeugt. Darauf aufbauend setzen die ausführenden Firmen im Idealfall ihre Ausführungsmodelle um. Am Ende entsteht ein sogenanntes As-Built-Modell, das die tatsächliche Bauausführung widerspiegelt und den Ausgangspunkt für die Nutzungsphase darstellt. Dieser Vorgang beschreibt den Idealprozess. In der aktuellen Entwicklungsphase hin zu einer modellorientierten Arbeitsweise, werden sicher noch nicht alle Fachplaner mit Fachmodellen arbeiten, die entsprechend von den bauausführenden Unternehmen genutzt werden können. Die Verpflichtung und die Bereitschaft der Fachplaner zur Umsetzung ihrer Leistungen mit der BIM-Methodik, wird dabei in Zukunft besonders von auftraggeberseitigen Vorgaben abhängen (EGGER et al., 2013).

Nachfolgend sei eine erweiterbare Auflistung einiger wichtiger Fachmodelle aufgeführt (HAUSKNECHT & LIEBICH, 2016):

- Modelle des Architekten: Baukörper- oder Massenmodell, Architekturmodell, Raummodell, Rohbaumodell, Ausbaumodell, Fassadenmodell
- Modelle des Tragwerksplaners: Tragwerksmodell, Berechnungsmodell, Bewehrungsmodell
- Modelle des Gebäudetechnikers: HLK-Modell, Sanitärmodell, Elektromodell
- Modelle der bauausführenden Firma: Modell für Angebotserstellung, Bau- und Montagemodell, Baustelleneinrichtungsmodell, Bauablaufmodell (4D-Modell), Kalkulationsmodell (5D-Modell)
- Modelle der Bauprodukthersteller: einzelne BIM-Objekte eines Produktes oder parametrisiert für eine Produktreihe, wie Fenster, Türen, Sanitärobjekte
- Modelle der Stadt oder Umgebung: städtebauliches Umgebungsmodell, Grundstücksmodell, Geländemodell
- Modelle der Infrastruktur: Trassierungs-, Erdbau-, Straßen-, Brücken-, Tunnel-, Schienenbaumodell

---

<sup>1</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPKE et al.

### 4.2.2 Fachübergreifendes Arbeiten

Die erstellten Fachmodelle werden zu Koordinationszwecken bei bestimmten Planungsständen zusammengefasst. Dies kann z.B. mit einer dafür geeigneten BIM-Managementsoftware geschehen oder auch als ein separates Koordinationsmodell in einem integrierten BIM-Viewer einer gemeinsam genutzten Kollaborationsplattform. Ein Koordinationsmodell stellt somit die Integration mehrerer Teilmodelle dar und ist im Rahmen der BIM-Methodik eine zentrale Informationsressource. *„Primäres Ziel des Koordinationsmodells ist üblicherweise zu prüfen, ob getrennt erstellte Fachmodelle untereinander konsistent sind und keine geometrischen Kollisionen oder anderweitige fachliche Konflikte aufweisen“* (BORRMANN et al., 2015<sup>1</sup>). Des Weiteren werden Koordinierungsmodelle dazu verwendet Modelle miteinander zu vergleichen, Varianten zu diskutieren oder auch um einen Soll-Ist-Vergleich durchzuführen.

Für die Koordination der einzelnen Gewerke während des Zusammenführens der einzelnen Fachmodelle ist ein festgelegter BIM-Manager verantwortlich. Häufig wird diese Aufgabe auch von der jeweiligen Projektsteuerung übernommen. Auftretende Konflikte und Unklarheiten können bei der Zusammenführung der Modelle manuell oder (teil-)automatisiert mit 3D-Markern und Kommentaren gekennzeichnet werden. Der offene Datenstandard des BIM Collaboration Formats (BCF) liefert dabei ein geeignetes Werkzeug, die erfassten Konflikte effizient zu verwalten und zu lösen (vgl. Abschnitt 2.4.2). Schließlich werden die geprüften Modelle bzw. ein Gesamtmodell durch den BIM-Manager freigegeben.

### 4.2.3 BIM-Prozesse – Workflowmanagement

Ein interessanter Faktor an der Anwendung der Arbeitsmethodik BIM ist dabei die neue Gestaltung der Kollaborationsprozesse auf Grundlage der Bauwerksmodelle. Das Ziel der BIM-Methodik ist das gemeinsame Arbeiten mit den unterschiedlichen Bauwerksmodellen möglichst aller am Bau beteiligten Akteure. Erst dadurch lässt das volle Potential im Rahmen eines modellbasierten Arbeitseinsatzes darstellen.

Wie bereits in Abschnitt 3.5.1 erläutert, handelt es sich bei einem sogenannten BIM-Workflow um einen systemunterstützten, (teil-) automatisierten Arbeitsablauf, der nach einem vorgegebenen Schema abläuft. *„Eine genaue Kenntnis dieser Arbeitsschritte ist insbesondere dann notwendig, wenn mehrere Projektbeteiligte involviert sind und die Methoden über Firmengrenzen hinweg abgestimmt werden müssen“* (HAUSKNECHT & LIEBICH, 2016). Verglichen mit anderen Branchen ist die formale Darstellung standardisierter Arbeitsprozesse im Bauwesen jedoch äußerst kompliziert. Nichtsdestotrotz lassen sich auch für komplexe Bauaufgaben wiederholende Teilprozesse feststellen, die mit ausgewählten Notationen übersichtlich dargestellt und beschrieben werden können. *„Sowohl auf der generellen Ebene der Leistungsphasen, als auch auf der detaillierten Ebene einzelner Prozessschritte zur Erfüllung einer konkreten Aufgabe, können diese Prozesse analysiert, dokumentiert und dann entsprechend der Abfolge abgearbeitet werden“* (HAUSKNECHT & LIEBICH, 2016).

---

<sup>1</sup> Kap. 12, S.-E. SCHAPEKE et al.

Der wesentliche Unterschied zu den bisherigen Arbeitsabläufen besteht darin bestimmte Sachverhalte und deren Bearbeitung an den Teil- oder Koordinationsmodellen verorten zu können. Darüber hinaus ist es möglich verschiedene Dokumente über eine Verlinkung bzw. Dokumentenreferenz mit in den Arbeitsablauf einzubeziehen. Auf diese Art und Weise entsteht eine Art Informationscontainer, der den vorliegenden Sachverhalt vollumfänglich beschreibt und für ein verbessertes Verständnis aller beteiligten Akteure sorgt.

Inwieweit sich schließlich individuelle Prozesse umsetzen lassen, hängt wiederum von der Konfigurierbarkeit der verschiedenen Softwareanbieter ab. Die Digitalisierung von Arbeitsprozessen führt folglich zu einer deutlich strukturierteren und transparenteren Projektabwicklung.

Die Voraussetzungen für das Funktionieren einer modellbasierten Zusammenarbeit und Koordination werden in den folgenden Abschnitten dieses Kapitels vorgestellt.

### 4.3 Spezifikation von Modellinhalten

Wie in den vorigen Abschnitten erläutert, gilt es für das Erreichen seiner Projektziele mit BIM die Datenaustauschprozesse genau festzulegen und zu koordinieren. Um die verschiedenen Fachmodelle, die in der Praxis mit vielen verschiedenen Softwaresystemen erstellt werden, in einem Koordinationsmodell zusammenfügen bzw. untereinander austauschen zu können, wird das in Kapitel 2 vorgestellte herstellernerneutrale Datenformat der IFC verwendet. Für einen konsistenten Datentransfer zwischen den beteiligten Parteien, ist es dabei häufig sinnvoll nicht das gesamte IFC-Datenmodell auszutauschen, sondern nur einen bestimmten Teil davon, der zur Erfüllung einer bestimmten Aufgabe benötigt wird (HÄRINGER, 2017). Unnötige Informationen, wie beispielsweise die in einem Tragwerksmodell enthaltenen Angaben zu Bodenbelägen, können zu Problemen in der Datendurchgängigkeit führen. Überdies können die Folgeapplikationen der verschiedenen Gewerke für sie irrelevante Informationen in der Regel auch nicht lesen bzw. auswerten. Folglich ist es häufig sinnvoll, die im Modell abgebildeten Aspekte des Gebäudes für bestimmte Nutzungen, Prozessphasen und Anwender zu spezialisieren (BORRMANN et al, 2015<sup>1</sup>).

In diesem Zusammenhang wurde von buildingSMART die Methode Information Delivery Manual (IDM) entwickelt. buildingSMART beschreibt die IDM-Methode folgendermaßen:

*„Die Anforderungen zum Datenaustausch werden allgemein in den IDM-Beschreibungen zusammengefasst. Sie beschreiben grundlegend den Umfang und die Spezifikationen der Informationen, die eine bestimmte Rolle (Anwender) zu einem bestimmten Zeitpunkt bzw. Arbeitsprozess in einem BIM-Projekt zur Verfügung stellen muss.“* (BUILDINGSMART E.V.)

Diese fachlich definierten Anforderungen werden mit einer sogenannten Model View Definition (MVD) technisch umgesetzt. Model View Definitionen beschreiben eine Teilmenge des IFC Datenschemas, die in den jeweiligen Datenaustauschprozessen angewandt und in den entsprechenden Softwaresystemen als Import- und Exportschnittstellen umgesetzt werden sollen. Eine MVD stellt also eine spezifische Untermenge der IFC-Spezifikation dar, die den realen Datenaustauschanforderungen für die Zusammenarbeit mit BIM entspricht (HAUSKNECHT & LIEBICH, 2016).

---

<sup>1</sup> Kap. 7, BEETZ et al.

buildingSMART beschreibt die Model View Definition (MVD) wie folgt:

„Die Modell-Ansichtsdefinitionen (MVDs) definieren die Teilmengen des IFC-Datenmodells, die notwendig sind, um die spezifischen Datenaustausch-Anforderungen im Bauwesen während eines Bauvorhabens zu unterstützen. Die Modellansichtsdefinition stellt eine Anleitung für alle IFC-Ausdrücke (Klassen, Attribute, Beziehungen, Eigenschaftssätze, Mengendefinitionen, etc.) zur Verfügung, die in einem bestimmten Anwendungsbereich verwendet werden und vorhanden sein müssen.“ (BUILDINGSMART E.V.)

#### 4.3.1 Datenaustauschanforderungen

Wie der Definition von buildingSMART zu entnehmen ist, definiert eine MVD eine Teilmenge des IFC-Datenmodells und gibt spezifische Austauschforderungen vor. Für jedes DatenaustauschszENARIO können also solche Austauschforderungen in Form einer MVD definiert werden. Die fachliche Anwendungsmethodik zur Erstellung einer MVD ist im Information Delivery Manual (IDM) beschrieben. Man unterscheidet also zwischen den fachlichen Anforderungen (IDM) und den technischen Anforderungen (MVD) bezüglich eines Datenaustauschszenarios (BORRMANN et al, 2015<sup>1</sup>).

Die Erstellung einer MVD erfolgt in mehreren Schritten. Abb. 4.3 zeigt das schematische Vorgehen des von buildingSMART entwickelten Konzepts zur Definition von Austauschforderungen.

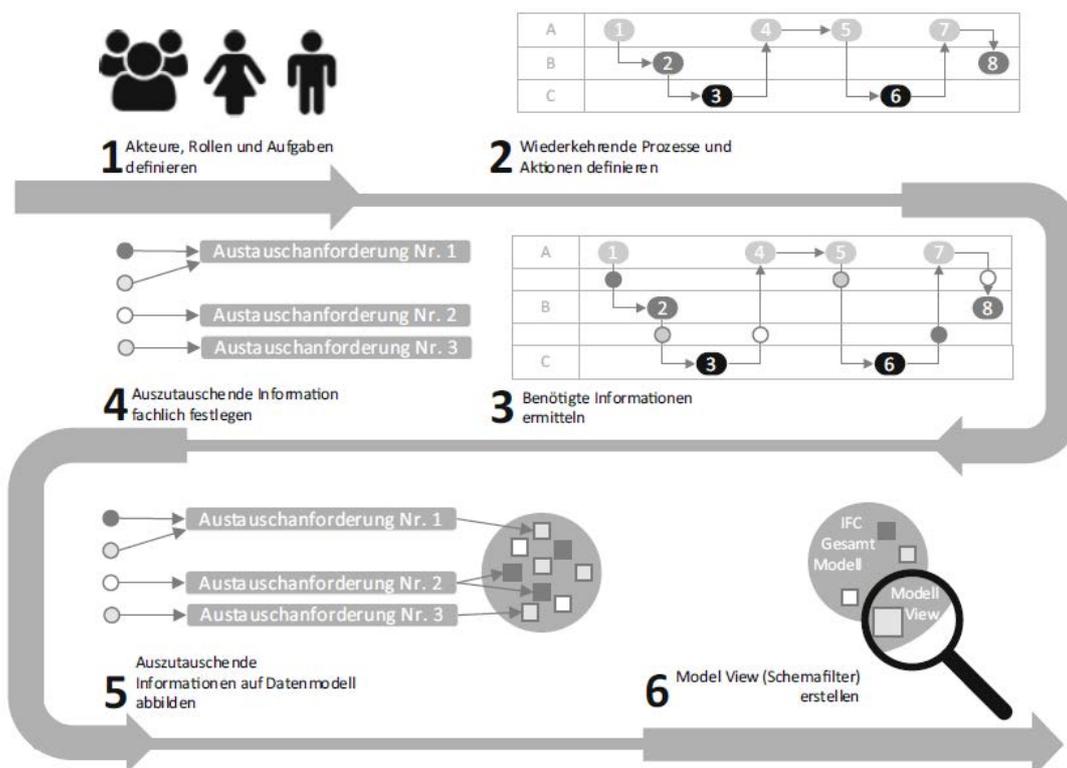


Abb. 4.3 Konzept zur Erstellung einer MVD gemäß buildingSMART (Borrmann et al., 2015<sup>2</sup>)

<sup>1</sup> Kap. 7, BEETZ et al.

<sup>2</sup> Kap. 7, BEETZ et al.

Der idealtypische Definitionsprozess beginnt folglich mit der Erstellung eines Referenzprozesses, der eine Übersicht der beteiligten Akteure, deren Prozesse sowie der Schnittstellen zwischen den einzelnen Prozessen darstellt. Die Output-Input Beziehung zwischen zwei Prozessen beschreibt dabei immer auch eine Übergabe von Informationen. Erfolgt der Austausch dieser Informationen im Rahmen einer BIM-Datenübergabe, dann können die für einen spezifischen Anwendungsfall relevanten BIM-Daten im Sinne einer Datenanforderung, englisch *exchange requirement*, definiert werden. Um einer oder auch mehrerer dieser Datenanforderungen gerecht zu werden, müssen alle dafür notwendigen IFC-Klassen in der entsprechenden MVD enthalten sein. Nicht notwendige Klassen werden zur Gewährleistung eines konsistenten Datentransfers ausgeschlossen. Am Ende dieses Definitionsprozesses steht die entsprechende IFC-Untermenge für die Schnittstellenimplementierung innerhalb eines spezifischen Austauschszenarios (HAUSKNECHT & LIEBICH, 2016).

Den Prozess zur Erstellung einer MVD kann man dabei in drei Grundschrirte unterteilen (BORRMANN et al, 2015<sup>1</sup>):

- **Prozessübersichtsmappen (Process Maps)**  
Erstellen einer grafischen Repräsentation wiederkehrender Geschäftsprozesse in standardisierten Prozessdiagrammen
- **Datenaustauschanforderungen (Exchange Requirements)**  
Auflistung der BIM-relevanten Modellelemente und Attribute, die übergeben werden sollen
- **Model View Definitionen**  
Implementierung der relevanten Informationen in das dafür vorgesehene Datenmodell (z.B. IFC)

#### 4.3.2 Prozessübersichtsmappen (Process Maps)

buildingSMART nutzt die Spezifikationssprache BPMN zur Formalisierung relevanter Teilprozesse. Die Business Process Modeling Notation (BPMN) bietet die Möglichkeit, Aktivitäten und Informationsflüsse zwischen verschiedenen Parteien in einer sogenannten **Process Map** darzustellen. Dabei stellt BPMN verschiedene Symbole bereit, mit denen die Abbildung und Verarbeitung von Prozessen übersichtlich dokumentiert werden kann. Die Symbole der BPMN werden in vier Hauptkategorien eingeteilt. Diese sollen im Folgenden kurz vorgestellt werden (ALLWEYER, 2009).

##### Flow Objects

Die Flow Objects sind die Grundbausteine eines BPMN-Diagramms. Hierzu gehören die Aktivitäten (Activities), Ereignisse (Events) und die Entscheidungspunkte (Gateways). Eine Aktivität beschreibt eine Aufgabe, wobei jede Aufgabe eine eigenständige Arbeitseinheit darstellt. Ein zusätzliches Plus verweist auf einen zugeklappten Teilprozess.

Ereignissymbole markieren bestimmte Ereignisse in einem Geschäftsprozessdiagramm. Dabei unterscheidet man zwischen typisierten und untypisierten Ereignissen. Untypisierte Ereignisse findet man i.d.R. am Start oder am Ende eines Prozesses. Typisierte Ereignisse können beispielsweise sogenannte Timer sein, die periodische zeitliche Ereignisse, Zeitpunkte oder Zeitspannen darstellen.

---

<sup>1</sup> Kap. 7, BEETZ et al.

Entscheidungspunkte steuern den Ablauf eines Prozesses. Sie separieren Arbeitseinheiten und führen sie auch wieder zusammen. Im Rahmen eines BIM-Prozesses ist es beim Zusammenführen von separaten und parallelen Prozessabläufen besonders wichtig die Konsistenz der Daten zu erhalten (BORRMANN et al., 2015<sup>1</sup>).

### **Connecting Objects**

Connecting Objects verbinden die Flow Objects miteinander und regeln so die Reihenfolge von Aktivitäten (Sequence Flow) und Informationen (Message Flow).

### **Pools und Swimlanes**

Ein Pool beschreibt einen beteiligten Akteur oder ein Unternehmen in einem BPMN-Diagramm. Swimlanes sind Bereiche zur Abgrenzung einzelner Akteure oder Systeme in einem Geschäftsprozessdiagramm. Pools und Lanes repräsentieren dabei entsprechende Verantwortlichkeiten für Aktivitäten und können Organisationen, Rollen oder Systeme darstellen.

### **Artefacts**

Sogenannte Artefacts beschreiben zusätzliche Informationen in einem Geschäftsprozessdiagramm. Bei der Definition von Datenaustauschscenarien im Bereich des Building Information Modeling spielen die Artefacts eine entscheidende Rolle (BORRMANN et al., 2015<sup>2</sup>). Beispielsweise können das zu verwendende Datenformat oder auch Anforderungen an die Modellierung eines Bauwerksmodells festgelegt werden. Die Artefacts lassen sich in die drei folgenden Untergruppen aufteilen: Annotationen, Datenobjekte und Gruppen.

Mit Annotationen können den Anwendern weitere Informationen für die BPMN-Beschreibung bereitgestellt werden. Dabei handelt es sich um eine Art Notiz, die einem beliebigen Element zugeordnet werden kann.

Datenobjekte repräsentieren bestimmte Datenformate. Diese werden definiert und können an Aktivitäten oder Verbindungen angeheftet werden, um bestimmte Datenaustauschformate festzulegen.

Eine Gruppe stellt eine Zusammenfassung verschiedener Aktivitäten und Prozesse dar.

Abb. 4.4 liefert einen Überblick über die Basiskonzepte der BPMN. Für die Verwendung der Modellierungssprache im Rahmen der BIM-Methodik, wurde die offizielle BPMN um eigene Ergänzungen erweitert. Der Datencontainer und das Datenpaket existieren in der offiziellen Notation zwar nicht, sind zur Modellierung von BIM-Prozessen jedoch gut geeignet, um die notwendigen Austauschforderungen darzustellen.

---

<sup>1</sup> Kap. 4, M. KÖNIG et al.

<sup>2</sup> Kap. 4, M. KÖNIG et al.

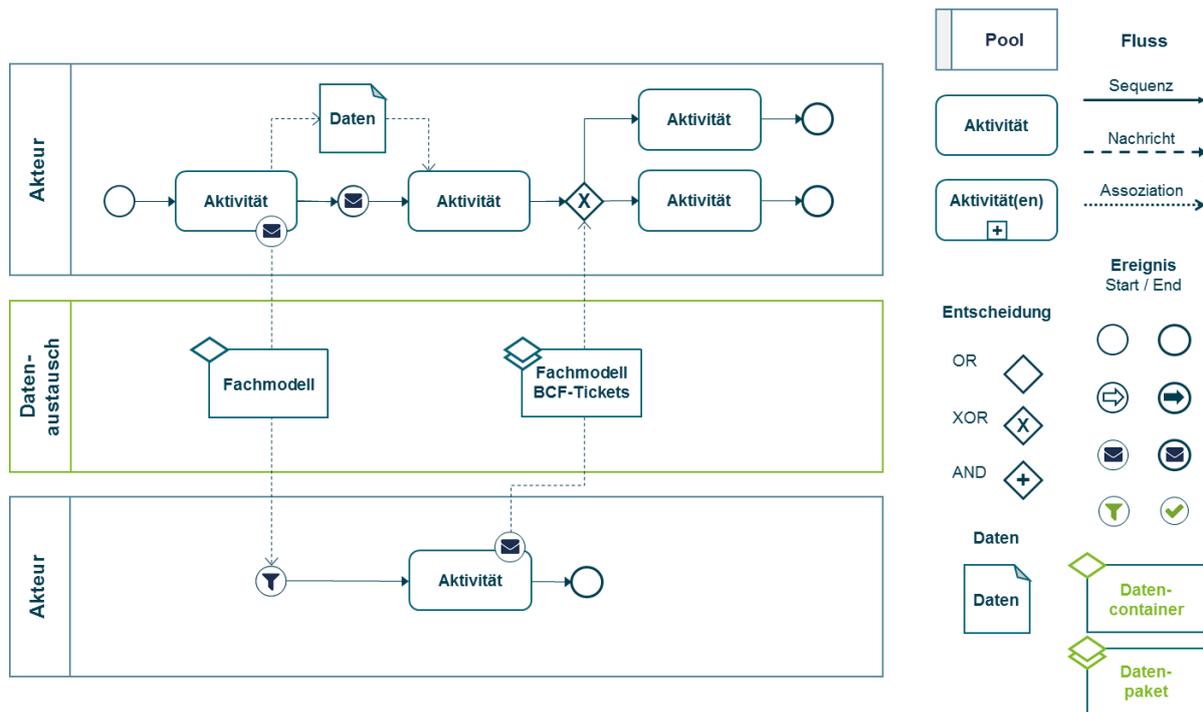


Abb. 4.4 Ergänzung des BPMN-Basiskonzeptes

### 4.3.3 Exchange Requirements

Exchange Requirements umfassen die relevanten Informationen, die zwischen verschiedenen Arbeitseinheiten ausgetauscht werden müssen. Sie spezifizieren die fachlichen Anforderungen an ein zu übergebendes Modell in einer bestimmten Projektphase. Anforderungen an BIM-relevante Modellelemente und Attribute werden tabellarisch festgehalten und etwa nach Bauteilen gegliedert (HAUSKNECHT & LIEBICH, 2016).

### 4.3.4 Model View Definitions (MVD)

Um die Interoperabilität zwischen hunderten Softwareapplikationen der Baubranche zu gewährleisten, hat sich das in Kapitel 2 vorgestellte, herstellerneutrale Datenformat der Industry Foundation Classes (IFC) etabliert. Um die Konsistenz der Daten bei einem Datenaustausch sicherzustellen, gilt es vorher festzulegen, welche Daten übergeben werden sollen. Wie diese Anforderungen formal festgehalten werden können, ist in den vorigen Abschnitten erläutert worden. Häufig ist es dabei sinnvoll, die formale Ebene des Datenaustausches durch entsprechende Model View Definitionen zu ergänzen (BORRMANN et al., 2015<sup>1</sup>).

Wie bereits früher in diesem Kapitel erläutert, spezifiziert eine MVD einen Ausschnitt des IFC-Schemas und beschreibt bestimmte Datenaustauschanforderungen. Innerhalb eines IFC-Workflows kann folglich an jedem Punkt, an dem ein Datentransfer stattfindet, eine entsprechende MVD festgelegt werden (HÄRINGER, 2017). Die Ausprägungen einer MVD reichen von der Wertebelegung bestimmter Attribute über die Festlegung von Bauteileigenschaften wie Bauteiltyp oder Tragfähigkeit bis hin zur Vorgabe der zu verwendenden Geometrirepräsentation. Da die IFC eine Vielzahl verschiedener

<sup>1</sup> Kap. 4, M. KÖNIG et al

Geometrierepräsentationen unterstützen, ist gerade diese Spezifikation von besonderer Bedeutung (BORRMANN et al., 2015<sup>1</sup>).

Derzeit existieren je nach verwendeter IFC-Version drei (IFC2x3) bzw. vier (IFC4) standardisierte, offizielle buildingSMART MVDs, die in Abhängigkeit der Art des Datenaustausches und der Information zur Anwendung kommen (BUILDINGSMART INTERNATIONAL<sup>2</sup>).

### **Model View Definitions für IFC 2x3**

#### *IFC Coordination View (CV)*

Der Coordination View ist bei der Gebäudeplanung und -ausführung die gängigste MVD. Er beinhaltet die Datenanforderungen für die Koordinationsplanung zwischen Architektur, Gebäudetechnik sowie Tragwerksplanung und kann gegebenenfalls mit zusätzlichen Inhalten erweitert werden kann.

#### *IFC Structural Analysis View (SAV)*

In der SAV sind alle Elemente wie Auflagerbedingungen, Lasten, Materialkennwerte usw. enthalten, die für die Tragwerksanalyse notwendig sind. Das Gebäude oder auch nur Teile davon werden in der SAV nur noch als Stabwerksmodell abgebildet, anhand dessen dann alle statischen Berechnungen erfolgen können.

#### *IFC FM Handover View (FHV)*

Neben der räumlichen Gliederung, beinhaltet diese Modellansicht jeweils die für den Betrieb notwendigen Angaben zur Ausstattung in Form von Tabellenblättern und Datenbanken.

### **Model View Definitions für IFC4**

Mit der Einführung der IFC4 wurde die Coordination View durch den *Reference View* und den *Design Transfer View* ersetzt. Sie stellen eine Detaillierung und Weiterentwicklung der Coordination View dar.

#### *IFC4 Reference View*

Die Reference View umfasst Workflows, die auf Referenzmodellen basieren. Mit ihr werden Modelle in erster Linie dann übergeben, wenn die enthaltenen Elemente vom jeweiligen Empfänger nicht weiterverarbeitet oder verändert werden sollen. Potentielle Modifikationen werden in der Regel vom Urheber des jeweiligen Teilmodells vorgenommen. Vor allem beim Zusammenführen verschiedener Fachmodelle in einem Koordinationsmodell, spielt die Reference View eine wichtige Rolle.

#### *IFC4 Design Transfer View*

Der Design Transfer View kommt dann zum Einsatz, wenn die Inhalte des IFC-Datenmodells innerhalb einer Folgeapplikation modifiziert werden sollen.

Eine MVD kann computerinterpretierbar als mvdXML beschrieben werden. Dabei werden sowohl die spezifische Teilmenge des IFC-Standards erfasst als auch Prüfregeln für konsistente IFC-Dateien. Durch die MVD-Methode und das mvdXML-Format ist also

---

<sup>1</sup> Kap. 7, BEETZ et al.

<sup>2</sup> <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-view-definition>

zusätzlich eine Möglichkeit geschaffen worden, die Übereinstimmung eines IFC-Modells mit vorgegebenen Austauschforderungen automatisiert zu überprüfen (HÄRINGER, 2017).

#### 4.3.5 Level of Development

Ein Ansatz, der die Methodik von IDM/MVD ergänzt, ist die Spezifikation von Ausarbeitungsgraden (engl.: Level of Development) eines digitalen Gebäudemodells in Abhängigkeit der jeweiligen Projektphase.

Diesem Ansatz folgend, müssen die BIM-Fachmodelle in einem bestimmten Detaillierungsgrad LOD (LOD – „*Level of Detail*“ oder „*Level of Development*“) erstellt werden, der den jeweils vereinbarten BIM-Leistungen je Leistungsphase bzw. BIM-Anwendungsfall entspricht. Die LODs untergliedern sich in den geometrischen Modellierungsgrad der Modellelemente (LOG – *Level of Geometry*) und in deren Attribuierung (LOI - *Level of Information*). Die Definition der Modellierungsrichtlinien dient dabei der Sicherstellung konsistenter BIM-Fachmodelle aller beteiligten Planungs- und Ausführungsdisziplinen (HAUSKNECHT & LIEBICH, 2016).

In Deutschland gibt es derzeit keinen einheitlichen Standard für die Festlegung von Detaillierungsgraden. Hierzu existieren derzeit verschiedene Forschungsprojekte zur Standardisierung von LODs. Im Rahmen einer Masterarbeit am Lehrstuhl für Computergestützte Modellierung und Simulation der TU München, wurde im Jahr 2016 beispielsweise ein LOD-Konzept für den Brückenbau entwickelt<sup>1</sup>.

Aufbauend auf den ersten Ansätzen zur Definition von Detaillierungsgraden, entwickelte der Amerikanische Architektenverband, das American Institute of Architects (AIA), folgende sechs Fertigstellungsgrade (*Level of Development*):

- LOD 100: Konzeptionelle Darstellung der Modellelemente ohne entsprechende Attribuierung. Dieser Detaillierungsgrad kann der Vorentwurfsplanung zugeschrieben werden.
- LOD 200: Grobe Darstellung der vorhandenen Geometrie mit Angabe der ungefähren Mengen, Größen, Lage und Orientierung. Dieser Detaillierungsgrad kann der Genehmigungsplanung zugeschrieben werden.
- LOD 300: Genaue Darstellung der vorhandenen Geometrie mit Angabe der spezifizierten Mengen, eindeutigen Größen, Lage und Orientierung. Dieser Detaillierungsgrad kann der Genehmigungsplanung zugeschrieben werden.
- LOD 350: Genaue Darstellung der vorhandenen Geometrie mit Angabe der spezifizierten Mengen, eindeutigen Größen, Lage und Orientierung sowie Verbindungen und Anschlüssen zu anderen Modellelementen. Zwischenstufe zur Darstellung von Berührungspunkten zu anderen Fachdisziplinen.
- LOD 400: Genaue Darstellung der vorhandenen Geometrie mit Angabe der spezifizierten Mengen, eindeutigen Größen, Lage und Orientierung inklusive Angaben zu Montage, Installation und Herstellung. Dieser Detaillierungsgrad kann der Ausführungsplanung bzw. Objektüberwachung zugeschrieben werden.
- LOD 500: Darstellung des Ist-Zustandes bezüglich Größe, Aussehen, Lage, Menge und Orientierung inklusive ausführlicher Attribuierung. Dieser Detaillierungsgrad kann der Objektüberwachung bzw. Objektbetreuung zugeschrieben werden.

---

<sup>1</sup> [http://www.cms.bgu.tum.de/publications/theses/2016\\_Mini\\_Borrmann.pdf](http://www.cms.bgu.tum.de/publications/theses/2016_Mini_Borrmann.pdf)

Das LOD-Konzept hat besonders für die unternehmensübergreifende Zusammenarbeit und die dafür erforderlichen Vereinbarungen zu den Modellierungsrichtlinien eine enorme Bedeutung (BORRMANN et al., 2015<sup>1</sup>). Die wichtigste Definition der LODs aus Auftraggebersicht ist dabei die Festlegung der BIM-Modellinhalte für die Nutzung in der Gewährleistungs- und Betriebsphase. Die Vorgaben bezüglich der LODs sind Teil der Auftraggeber Informationsanforderungen (AIA) und müssen an die geforderten BIM-Anwendungsfälle angepasst werden.

---

<sup>1</sup> Kap. 7, BEETZ et al.

## 5 BIM Anwendungsfälle

Im vorigen Kapitel ist beschrieben worden, wie definiert werden kann, welche Modellinhalte in Abhängigkeit des jeweiligen Prozesses und der aktuellen Leistungsphase ausgetauscht werden sollen. Betrachtet man die gemeinschaftliche Bearbeitung von Geschäftsprozessen im Rahmen der BIM-Methodik, so hat sich in jüngster Vergangenheit der Terminus „Anwendungsfall“ durchgesetzt, den es als notwendigen Austauschprozess zwischen allen Beteiligten zu untersuchen gilt (KOHLHAAS, 2015). Ein BIM-Anwendungsfall stellt also ein definiertes DatenaustauschszENARIO dar, für das bestimmte Daten und Informationen aus einem digitalen Gebäudemodell definiert, erstellt, verändert oder weitergegeben werden.

Um BIM erfolgreich in einem Projekt einsetzen zu können, müssen zunächst die Ziele definiert werden, die mit der BIM-Methodik erreicht werden sollen. Die vom Bauherrn vorgegebenen Ziele für Building Information Modeling ermöglichen die Auswahl der Einsatzschwerpunkte von BIM sowie die Identifikation der erforderlichen Aufgaben bei den Projektpartnern und beim Bauherrn selber. Sie sind Grundlage für die Beauftragung und das Management der Planungs- und Ausführungsbeteiligten sowie für die Projektsteuerung. Aus diesen BIM-Zielen ergeben sich die abgeleiteten BIM-Anwendungsfälle. Für das Erreichen der Projektziele ist die frühzeitige Festlegung der BIM-Anwendungsfälle folglich ein wichtiges Instrument. Die definierten BIM-Anwendungsfälle sollten schließlich Teil eines vertraglich festgelegten BIM-Pflichtenheftes werden. Dieses beinhaltet die BIM-Datenanforderungen und die Definition der BIM-Modellierungsrichtlinien in Abhängigkeit von den gewählten BIM-Anwendungsfällen (LIEBICH et al., 2016).

Während der Leistungsphase 8 (Objektüberwachung) der HOAI ist der Kommunikationsbedarf zwischen den einzelnen Projektbeteiligten erfahrungsgemäß am höchsten (Dobler, 2009). Eine Vielzahl von beteiligten Akteuren muss ständig miteinander in Verbindung stehen, um das vorgegebene Ziel des Bauherrn zu erreichen. Durch bestimmte rechtliche Rahmenbedingungen wie beispielsweise § 1 Abs. 3 VOB/B, der dem Bauherrn das Recht einräumt auch während der Bauausführung noch Änderungen anzuordnen oder die räumliche Distanz aller Beteiligten, lässt sich hieraus ein klares Optimierungspotential der bestehenden Geschäftsprozesse ableiten.

Die Identifikation der Anwendungsfälle mit dem größten Optimierungspotential erfolgt anhand einer Umfrage in der deutschen Bauwirtschaft. Da in den meisten Bauverträgen die VOB als Vertragsgrundlage vereinbart wird, liegt der Fokus dieser Arbeit auf klassischen Prozessen, deren Umsetzung durch die VOB geprägt ist.

### 5.1 Ziel und Konzeption der Umfrage

Ziel ist es, die Anwendungsfälle zu identifizieren, bei denen mit Sicht auf die Praxis das größte Potential und der größte Handlungsbedarf in Bezug auf eine BIM-basierte Umsetzung bestehen. Aufbauend auf diesem Meinungsbild werden ausgewählte Aspekte der beschriebenen Anwendungsfälle weiter ausgearbeitet.

Die Grundlage für die Bewertung der BIM-Anwendungsfälle bildet eine kurze Übersicht sowie eine knappe Beschreibung möglicher Anwendungsfälle, die anhand verschiedener Kriterien zu Effizienz und Effektivität bewertet werden.

Um eine möglichst breit gefächerte Meinung zu den Anwendungsszenarien zu erhalten, werden alle potentiellen Zielgruppen berücksichtigt: Planer, Ausführende, Bauherren bzw. deren Vertreter sowie öffentliche Hand. Um die Ergebnisse in einen Gesamtkontext einordnen zu können, wurde in der Konzeption des Fragebogens ein Abfragebereich mit Fokus auf die Rahmenbedingungen und das Organisationsumfeld der Probanden mit aufgenommen. Auf eine weitere Differenzierung nach Ziel- oder Anwendergruppen wurde im Rahmen dieser Arbeit verzichtet. Hauptziel der Umfrage ist es ist es die Meinung der Befragten zu BIM-Anwendungsfällen in der Praxis zu erörtern. Der Kreis der Befragten wird sich vornehmlich auf den Hochbau konzentrieren, wobei nicht ausgeschlossen ist, dass sich auch Teilnehmer aus dem Ingenieur- und Tunnelbau unter den Befragten befinden. Da die Gültigkeit der gewählten Anwendungsszenarien über alle Disziplinen des Bauwesens hinweg erhalten bleibt, spielt diese Unterteilung der Probanden jedoch ohnehin eine eher untergeordnete Rolle. Kern der Bewertung ist eine standardisierte Onlineumfrage, die via E-Mail direkt an die Probanden verschickt wurde.

### 5.1.1 Hypothesen über einen modellbasierten Arbeitsansatz

Es werden im Folgenden zwei Hypothesen bezüglich der Effizienz und der Effektivität der Prozessbearbeitung durch einen modellorientierten Arbeitsansatz aufgestellt, die durch die Validierung der einzelnen Anwendungsszenarien im Rahmen der Masterarbeit beurteilt werden.

#### **EFFIZIENZ DER PROZESSABWICKLUNG**

Wirtschaftliche Effizienz beschreibt das Verhältnis zwischen dem erreichten Erfolg und dem dafür erforderlichen Aufwand (z.B. Kosten) (ZIMMERMANN, 2011).

**HYPOTHESE 1:** Eine integrierte Arbeitsmethodik auf Grundlage eines konsistenten, digitalen Gebäudemodells steigert die Effizienz der Steuerungs- und Koordinationsprozesse und führt zu geringeren Planungs- und Genehmigungszeiten sowie einem reduzierten Ressourceneinsatz während der Bauausführung.

#### **EFFEKTIVITÄT DER PROZESSABWICKLUNG**

Effektivität ist ein Maß für Wirksamkeit, das Aufschluss darüber gibt, wie nahe ein erzieltes Ergebnis dem angestrebten Ergebnis gekommen ist (unabhängig vom Aufwand) (ZIMMERMANN, 2011).

**HYPOTHESE 2:** Mit digitalen Bauwerksmodellen können alle Gewerke integriert geplant, die Bauaufgaben transparent dargestellt und die Projektinformationen durchgängig genutzt werden. Somit hat ein modellorientierter Ansatz das Potential, die Prozesse für alle Projektbeteiligten effektiver zu gestalten.

### 5.1.2 BIM Anwendungsfälle der Leistungsphase 8 (HOAI)

Für die Beschreibung möglicher BIM-Anwendungsfälle war es das Ziel, typische Prozesse der Leistungsphase 8 zu identifizieren, zu beschreiben und in einen direkten Kontext mit der BIM-Methodik zu bringen.

<b>Modellbasierte Ausführung</b>
<b>Änderungsmanagement</b>
Nutzung eines digitalen Gebäudemodells zur (teil-)automatisierten Prüfung und Steuerung von Änderungsanordnungen bzw. -vorschlägen nach einheitlichem Workflow. Modellbasierte Beurteilung der Auswirkungen von Änderungen hinsichtlich Kosten, Termine, Qualitäten und Quantitäten. Nutzung des digitalen Modells als Entscheidungs- und Diskussionsgrundlage bzgl. Alternativen.
<b>Qualitätsmanagement</b>
Verfügbarkeit eines systematisierten bauteilbezogenen Qualitäts- und Terminmanagements auf Basis eines digitalen Gebäudemodells einschließlich transparenter Verfolgung und Verwaltung entsprechender Abweichungen mittels hierfür geeigneter BIM-Viewer sowie digitaler Planungs- und Analysewerkzeuge – für alle Projektbeteiligten.
<b>Abnahme und Mängelansprüche nach BGB + VOB/B</b>
Nutzung des digitalen Gebäudemodells für einen bauteilorientierten Austausch zwischen allen Projektbeteiligten zur Vorbereitung, Durchführung und Dokumentation der Abnahme. Verfügbarkeit / Weiterverwendung des AG-Abnahmeprotokolls zur (teil-)automatisierten Steuerung und Verfolgung der Mängelbeseitigung auf allen Ebenen der Projektbeteiligten.
<b>Gewährleistungsmanagement</b>
Nutzung des digitalen Gebäudemodells als Arbeits- und Beweisgrundlage während der Gewährleistungsphase für eine effiziente und rechtssichere Gewährleistungsbearbeitung und -verfolgung.
<b>Bedenkenanmeldung</b>
Nutzung des 3D- oder 5D-Modells als Kollaborationsgrundlage zwischen dem AG und den AN für eine ordnungsgemäße Stellung und schnelle Abwicklung einer Bedenkenanzeige durch direkte Verknüpfung mit Raum- oder Bauteilen. Modellorientierte Prüfung der Anzeige dem Grunde nach / Nutzung der Fachmodelle zur Diskussion über Alternativvorschläge.
<b>Behinderungsanzeige</b>
Nutzung des 3D- bzw. 5D-Modells für eine objektorientierte Kommunikation zwischen den beteiligten Parteien für eine ablauforientierte Aufbereitung und Darstellung von Veränderungen und Störungen des Bauablaufs sowie einer bauteilorientierten Beschreibung der Auswirkungen.
<b>Mehrkostenanmeldung</b>
Nutzung des digitalen Gebäudemodells zur (teil-)automatisierten Leistungsabrechnung, Kontrolle der Meldungen und zum verbesserten Umgang mit Rechnungsposten und Abzügen im Einzelnen (in Abhängigkeit von der Anspruchsgrundlage).

Tabelle 5.1 Beschreibung möglicher BIM-Anwendungsfälle der Leistungsphase 8

## 5.2 Durchführung der Umfrage

Für die Ermittlung der gegenwertigen Meinung der Baubranche zu den Potentialen der BIM-Methodik während der Ausführungsphase eines Bauvorhabens, wurde ein standardisierter und thematisch strukturierter Fragebogen erstellt (Anhang A). Das primäre Ziel der Umfrage war es dabei, ein möglichst breites Meinungsbild der Probanden hinsichtlich eines BIM-Einsatzes zu gewinnen und die aufgestellten Hypothesen zu Effizienz und Effektivität zu validieren.

Um eine möglichst hohe Teilnahmeakzeptanz zu erreichen wurde der durchschnittliche Zeitaufwand für die Bearbeitung des Fragebogens auf ca. 10 Minuten begrenzt. Außerdem wurde darauf geachtet, die Bearbeitung für die Teilnehmer möglichst eindeutig und leicht verständlich zu gestalten. Durch eine Fortschrittsanzeige war es zusätzlich möglich den aktuellen Bearbeitungsstand jederzeit nachvollziehen zu können.

### 5.2.1 Strukturierung

Um den Fragebogen möglichst übersichtlich zu gestalten, wurde er in zwei Hauptblöcke gegliedert (vgl. Anhang A). Im ersten, allgemeinen Teil der Umfrage wurden die Teilnehmer zunächst gebeten, sich einer Teilnehmergruppe zuzuordnen und in ihr organisatorisches Umfeld einzuordnen. Im zweiten Block, dem Hauptteil der Umfrage „BIM Anwendungsfälle“ erfolgte schließlich die Bewertung der BIM-Anwendungsfälle. Die Validierung fand dabei pro Anwendungsfall in jeweils zwei Unterkapiteln mit Fragen zum aktuellen und (eventuellen) zukünftigen Einsatz mit BIM sowie einer Untersuchung möglicher Mehrwerte in Bezug auf das jeweilige Szenario statt.

Für die Beantwortung der Fragen wird den Teilnehmern in der Regel eine Reihe vordefinierter Antwortoptionen angeboten. Dabei existieren sowohl einfache als auch mehrfache Selektionsauswahlen. Zusätzlich wurden alle Fragen und Antwortoptionen möglichst kurz und prägnant formuliert, um eine schnelle und unkomplizierte Bearbeitung des Fragebogens zu ermöglichen.

### 5.2.2 Technische Umsetzung

Die Untersuchung basierte auf einer Online-Umfrage mit „Google Formulare“ und wurde über einen Weblink an die Probanden versandt. Alle Angaben wurden ausschließlich anonym erhoben, sodass Rückschlüsse auf die Person und ihr Unternehmen dementsprechend nicht möglich waren.

Bei „Google Formulare“ handelt es sich um einen Webdienst, der eine schnelle und unkomplizierte Erstellung einer Umfrage ermöglicht. Über ein einfaches Konfigurationsmanagement kann der Aufbau beliebig gegliedert und verschiedene Frage- und Antwortoptionen gewählt werden. Alle Antworten auf die gestellten Fragen werden automatisch und übersichtlich in Google Formulare erfasst. Zusätzlich werden erste Auswertungsstatistiken geliefert.

### 5.2.3 Verteilung

Die Einladungen zur Teilnahme an der Umfrage wurden mit einem Web-Link via E-Mail an die Probanden verschickt. Im Fokus standen dabei alle Berufsgruppen der Baubranche. Es wurden hauptsächlich Probanden gewählt, die bereits Erfahrung mit der BIM-Methodik gesammelt haben, um die Anwendung der Szenarien in der Praxis bewerten zu können. Bei der Recherche relevanter Zielgruppen wurde auf Interessensverbände der sozialen Netzwerke XING und LinkedIn sowie auf das CRM-System der Firma think project! GmbH zurückgegriffen. Insgesamt wurden 129 Einladungen an über 50 verschiedene Firmen der Baubranche versandt.

### 5.2.4 Ausführung und Rücklauf

Nach der Fertigstellung und einer ausführlichen Bewertung des entsprechenden Prototyps, wurde die Umfrage freigegeben und versandt. Nach deren Beendigung am 19.01.2018 wurde mit der Auswertung der Ergebnisse begonnen. Insgesamt nahmen 50 Probanden an der Umfrage teil.

## 5.3 Auswertung

Der folgende Abschnitt beschreibt die Ergebnisse der Umfrage, wobei eine übersichtliche Darstellung der Antworten mittels Diagrammen dem Anhang der Masterarbeit entnommen werden kann (Anhang B).

### 5.3.1 Repräsentativität der Umfrage

Insgesamt war die Rücklaufquote der Umfrage durchaus zufriedenstellend. Die 50 Teilnehmer repräsentieren zwar nur einen kleinen Teil der Baubranche, für eine erste Einschätzung der beschriebenen BIM-Anwendungsfälle reicht dieses Meinungsbild aber vollkommen aus. Dies ist vor allem der Tatsache geschuldet, dass die Umfrage bewusst an Akteure der Branche geschickt wurde, die bereits Erfahrung mit Building Information Modeling gesammelt haben und den Stand der Praxis dementsprechend gut einschätzen können. Für das Ziel der Umfrage, ein gültiges Meinungsbild zum Einsatz von BIM in der Leistungsphase 8 eines Bauvorhabens einzuholen, um darauf aufbauend gezielt Anwendungsfälle für deren vertiefte Ausarbeitung auszuwählen, ist die Aussagekraft der Umfrage somit gegeben.

### 5.3.2 Auswertungsprinzipien

Die Auswertung der Ergebnisse der Umfrage erfolgt in zwei Schritten: Der erste Teil der Auswertung dient der Klassifikation der Umfrageteilnehmer. Er enthält die Beteiligung nach Zielgruppen, die Erfahrung der Probanden im Umgang mit BIM sowie deren Position im Unternehmen (Abb. B.1 - Abb. B.3).

Im zweiten Teil werden die einzelnen Anwendungsfälle nach folgenden vorgegebenen Kriterien ausgewertet:

- Visualisierung am Modell
- Unmittelbar verfügbare Informationen
- Hohe Daten- und Informationsqualität
- Reduzierter Ressourceneinsatz für die Prozessbearbeitung
- Reduzierter zeitlicher Aufwand der Prozessbearbeitung
- Fehlervermeidung (z.B. Mehrfacheingaben)
- Erhöhte Terminalsicherheit für die gesamte Projektbearbeitung
- Bessere Kontrolle während der Prozessbearbeitung
- Steigerung der Kostensicherheit und Produktivität
- Besseres Projektergebnis für alle Beteiligten

Die Umfrageteilnehmer wurden gebeten den Mehrwert dieser Kriterien für jeden Anwendungsfall auf einer vierstufigen Skala von „gar nicht“ bis hin zu „maßgeblich“ einzuschätzen. Um beurteilen zu können ob und wenn ja inwieweit die Anwendungsfälle bereits gelebt werden bzw. noch Zukunftsmusik darstellen, wurden den Teilnehmern zu jedem Szenario zusätzlich drei Fragen zu dessen Umsetzung gestellt (vgl. Anhang A).

Auf eine weitere Unterteilung der Ergebnisse in verschiedene Betrachtungsebenen, wurde im Rahmen dieser Arbeit verzichtet. Eine Einschätzung der Praxismeinung zum Untersuchungsgegenstand war auch ohne eine entsprechende Gliederung der Ergebnisse nach Zielgruppen möglich.

Im weiteren Verlauf dieses Kapitels werden die Ergebnisse der Umfrage kurz vorgestellt. Zudem werden die Ergebnisse knapp bewertet und interpretiert.

### 5.3.3 Ergebnisse

#### Allgemeiner Teil

Zu Beginn der Umfrage wurden die Teilnehmer gebeten, sich einer Gruppe zuzuordnen. Mit 47% gehört die Mehrheit der Teilnehmer zu den ausführenden Unternehmen. Die zweitgrößte Partei bilden die Planer mit 18%, gefolgt von der Gruppe der Bauherren mit 13%. Projektsteuerer und Projektmanager beteiligten sich mit 11%. Die Gruppen mit der geringsten Beteiligung sind die öffentliche Hand mit 5%, Berater mit 3%, Bausoftware mit 2% und Hersteller / Zulieferer mit 1% (Abb. B.1).

Neben der Einteilung in Zielgruppen wurde die Erfahrung der Umfrageteilnehmer mit dem Thema BIM abgefragt. Dabei gaben 80% der Befragten an, bereits Erfahrung im Umgang mit BIM zu haben. Lediglich 20% haben noch keine Erfahrung mit BIM gemacht (Abb. B.2).

Schließlich wurden die Teilnehmer noch nach ihrer Position im Unternehmen gefragt. Hier bildet die Managementgruppe mit 38% den größten Part der Teilnehmer, gefolgt von Projektleitern mit 30%. Projektmitarbeiter beteiligten sich mit 16%, Inhaber und BIM-Manager mit jeweils 6%, Niederlassungsleiter sowie Amtsleiter mit je 2% (Abb. B.3).

## Bewertung der BIM-Anwendungsfälle

Bei der Auswertung der Fragen bezüglich der Umsetzung der BIM-Anwendungsfälle wurden das Änderungs- und das Qualitätsmanagement besonders positiv bewertet. Aus diesem Grund erfolgt hier eine kurze Zusammenfassung der Bewertung dieser beiden Anwendungsmöglichkeiten. Eine weiterführende Darstellung sowie die Ergebnisse zu den restlichen Szenarien können dem Anhang B dieser Arbeit entnommen werden.

Ein modellorientiertes Änderungsmanagement sahen 41 von 50 Teilnehmern in fünf Jahren als durchaus üblich an. Beim Qualitätsmanagement waren es 42 von 50 Teilnehmern. Auch bei der Anwendung liegen diese beiden Szenarien vorne. Jeweils 21 Teilnehmer gaben an, dieses oder ein ähnliches Szenario bereits modellorientiert umzusetzen. Das mag unter anderem daran liegen, dass der Mehrwert eines BIM-Einsatzes bei diesen Szenarien am offensichtlichsten ist und bei einer herkömmlichen Prozessbearbeitung die meisten Fehler auftreten. Die BIM-Anwender unter den Teilnehmern der Umfrage konnten hier vermutlich bereits einige positive Erfahrungen sammeln und Nicht-BIM-Anwender sehen hier besonders viel Nachholbedarf in Bezug auf eine effiziente und effektive Prozessbearbeitung. Ebenfalls gaben jeweils 37 der 50 befragten Teilnehmer an, das beschriebene oder ein ähnliches Szenario in Zukunft BIM-basiert umsetzen zu wollen.

Sehr positiv wurden auch die Szenarien Abnahme und Mängelansprüche nach BGB + VOB/B, Gewährleistungsmanagement, Bedenkenanmeldung sowie Mehr-/Minderkostenfeststellung bzw. -anmeldung bewertet. Einzig die Behinderungsanzeige sahen die meisten Teilnehmer eher kritisch. Hier wurde vermehrt auf die eigentlichen Ziele von BIM hingewiesen Diskrepanzen bereits im Vorfeld zu vermeiden.

Die genauen Ergebnisse zu den Fragen bezüglich einer modellorientierten Umsetzung des jeweiligen Szenarios können Anhang B entnommen werden.

## 5.4 Interpretation der Ergebnisse

Insgesamt wurde der Mehrwert der verschiedenen Kriterien sehr positiv bewertet, wenn auch nicht alle Kriterien gleichermaßen (vgl. Anhang B).

Zum Aspekt des Ressourceneinsatzes und des zeitlichen Aufwands für die Prozessbearbeitung zeigte sich beispielsweise eine gewisse Unschlüssigkeit der befragten Teilnehmer. Die Bewertung lag hier durchschnittlich zwischen „eher schon“ und „eher nicht“. Dies könnte ein Indiz dafür sein, dass einige Unternehmen noch Probleme bei der Umstellung auf die modellorientierte Arbeitsweise haben, wobei eine genauere Untersuchung dieser Tatsache den Rahmen einer Umfrage sprengen würde. Grundsätzlich besteht durch BIM gerade durch die Unterstützung der Sekundärprozesse, wie beispielsweise das automatische Aktualisieren der Plansätze oder Mengenaufstellungen bei Änderungen der Modelldaten, die Möglichkeit einer erheblichen Effizienzsteigerung. Eine manuelle Aufbereitung von Plänen und Bauteillisten entfällt.

Eine deutliche Wertschöpfung sahen die Teilnehmer dagegen bei der Visualisierung, den unmittelbar zur Verfügung stehenden Informationen sowie der hohen Daten- und Informationsqualität. Das Verbesserungspotential durch die Möglichkeit bestimmte Sachverhalte dreidimensional betrachten zu können und auf hochwertige Informationen jederzeit und überall zugreifen zu können, steht inzwischen also außer Frage.

Die Fehlervermeidung stellt für fast alle Beteiligten einen weiteren Vorzug dar. Dies ist vermutlich der Tatsache geschuldet, dass bei der modellorientierten Arbeitsweise immer das

Modell bearbeitet wird. Sämtliche Grundrisse, Ansichten, Schnitte und Bauteillisten stellen lediglich Sichten auf das Modell dar und werden automatisch aktualisiert. Fehler und Mehrfacheingaben bei einer manuellen Aufbereitung können hier vermieden werden.

Eine erhöhte Terminalsicherheit für die gesamte Projektbearbeitung ist aus Sicht der Teilnehmer stark abhängig vom jeweiligen Anwendungsfall. Für das Änderungs- und Qualitätsmanagement ergaben sich beispielsweise sehr positive Bewertungen, wohingegen für eine Bedenkenanmeldung kein großer Mehrwert ausgemacht werden kann. Das mag daran liegen, dass die Bedenkenanmeldung für die meisten Befragten ohnehin einen routinemäßigen Prozess darstellt. Im Zusammenhang mit den anderen Anwendungsfällen, kann es jedoch von großem Vorteil sein, auch die Bedenkenanmeldung modellorientiert abzuwickeln. Mögliche Alternativen können auf Basis eines 3D-Modells z.B. deutlich schneller diskutiert werden als auf herkömmlichem Wege.

Die Bewertung der Kontrolle während der Prozessbearbeitung wird von einem Großteil der Probanden als verbessert angegeben. Prozessschritte können durch eine eindeutige Historiendarstellung und die Angabe des aktuellen Prozessstatus leichter verfolgt werden. Außerdem verringert sich der Koordinationsaufwand mit den Projektbeteiligten, da alle auf ein und dieselben Dokumente zugreifen können.

Zu den Aspekten der Kostensicherheit und Produktivität sowie einem verbesserten Projektergebnis für alle Beteiligten waren die Meinungen sehr unterschiedlich. Für das Qualitäts- und Änderungsmanagement sehen die Befragten einen erheblichen Nutzen. Für die restlichen Anwendungsfälle schwankten die Antworten meist zwischen „eher nicht“ und „eher schon“. Einerseits könnte das ein Indiz für die fehlende Projekterfahrung sein, andererseits müssen diese Anwendungsfälle auch im Kontext mit den anderen Szenarien gesehen werden. Es macht z.B. keinen Sinn, lediglich eine Bedenkenanmeldung BIM-basiert umzusetzen. Der Effekt eines modellorientierten Qualitätsmanagements könnte auf den ersten Blick folglich höher eingeschätzt werden.

Zusammenfassend betrachtet haben die Umfrageteilnehmer die aufgestellten Hypothesen über einen modellorientierten Arbeitsansatz bestätigt. In verschiedenen Bereichen wie dem Ressourceneinsatz können die Potentiale der BIM-Methodik zwar noch nicht vollständig ausgeschöpft werden, insgesamt betrachtet ziehen die Umfrageteilnehmer jedoch eine positive Bilanz für den Einsatz von BIM in der Leistungsphase 8. Der Mehrwert eines BIM-Einsatzes sollte demnach unbestritten sein. Danach bemisst sich Effizienz in Bezug auf BIM als eine hohe Wirksamkeit der eingesetzten Mittel. Effektivität bedeutet in diesem Kontext überhaupt erst das Richtige zu tun.

## 6 Ausarbeitung ausgewählter Anwendungsfälle

In den folgenden Abschnitten werden einige ausgewählte Aspekte der Anwendungsfälle aus der Umfrage genauer ausgearbeitet. Es soll dargestellt werden wie ein modellorientierter Arbeitsansatz unternehmensübergreifende Geschäftsprozesse optimieren kann. Dabei soll den Auftraggebern, den beteiligten Fach- und Objektplanern sowie den ausführenden Baufirmen ein systematischer Umgang mit der BIM-Methodik vorgestellt werden.

Hierzu wird zunächst eine einheitliche Ausgangslage für alle Anwendungsszenarien aufgezeichnet. Anschließend erfolgt die Dokumentation des jeweiligen Szenarios anhand

- einer Beschreibung der im jeweiligen Szenario durchgeführten Arbeitsschritte
- einer Darstellung der Szenarien und der verwendeten Daten in Prozessdiagrammen
- einer übersichtlichen Darstellung möglicher BIM-Anwendungen innerhalb der durchgeführten Arbeitsschritte sowie der möglichen Softwareapplikationen für deren Umsetzung.

### 6.1 Ausgangssituation und Annahmen

Um die Anwendungsszenarien besser nachvollziehen zu können, wird zunächst auf einige Grundlagen und Annahmen eingegangen.

#### 6.1.1 BIM-basierte Definition von Vertragsinhalten

Mit dem Abschluss eines Bauvertrages zwischen dem AG und dem AN sollte die vertraglich vereinbarte Bauleistung möglichst präzise beschrieben sein. In der Praxis resultieren Streitigkeiten zwischen dem AG und dem AN häufig aus den unterschiedlichen Auffassungen beider Parteien über die zu erbringende Bauleistung und deren Vergütung (ZIMMERMANN, 2016).

Bei einem modellorientierten Arbeitsansatz können wichtige Elemente einer vertraglich vereinbarten Bauleistung in einem digitalen Informationsmodell veranschaulicht werden. Dazu werden entsprechende Datenformate wie das IFC-Format, das BIM Collaboration Format (BCF), das GAEB DA XML-Format oder das CPIXML-Format verwendet (vgl. Abschnitt 2.4).

Ein modellorientierter Arbeitsansatz bietet dabei die Möglichkeit, bereits bei Vertragsschluss die Geometrie eines Bauwerks sowie relevante Leistungsmerkmale des Werkvertrages digital abzubilden. Mengen, die für die Erstellung des LV benötigt werden, können direkt aus dem Modell generiert werden und durch eine bauteilbezogene Attribuierung vertragsrelevante Leistungsmerkmale wie z.B. Betonklasse, Bewehrungsgrad oder Wärmeübergangskoeffizient angegeben werden. Um die Datendurchgängigkeit an den verschiedenen Schnittstellen sicherzustellen, sollten hierzu entsprechende Modellierungsrichtlinien vertraglich vereinbart werden (SCHAPKE et al., 2014).

Die Daten und Informationen, die im 3D-Modell hinterlegt sind, können außerdem zur Erstellung und Visualisierung eines Terminplans verwendet werden. Hierzu können im Modell objektbezogene Zeitwerte oder Herstellungszeiträume festgelegt werden, die in

Relation zu den Mengen des jeweiligen Bauteils stehen. Durch die Kopplung eines Bauablaufplans mit dem Bauwerksmodell, kann schließlich eine direkte Verbindung beider Datensätze hergestellt werden.

Über Verlinkungen können die verschiedenen Datenformate aus den unterschiedlichen Teilmodellen miteinander verknüpft werden. Auf diese Art und Weise entsteht eine Art Informationscontainer, wodurch die zu erbringende Bauleistung eindeutig definiert werden kann. Der Vertragsinhalt wird durch die Verlinkung einer einzelnen Leistungsposition mit den dazugehörigen Bauteilen, den daraus resultierenden Mengenansätzen sowie den relevanten Terminen anschaulich dargestellt und führt zu einem verbesserten Verständnis des LV (SCHAPKE et al., 2014).

BIM bietet also die Möglichkeit, wichtige Elemente und Informationen des Werkvertrages digital abzubilden, sodass diese von allen Projektteilnehmern mit entsprechender BIM-Software in ihren unternehmensinternen Folgeprozessen verarbeitet werden können.

### 6.1.2 Ausgangslage für die Ausarbeitung der Anwendungsfälle

In den dargestellten BIM-Anwendungsfällen wird exemplarisch unterstellt, dass die Vertragsparteien für die Ausführung eines schlüsselfertigen Bauvorhabens einen Einheitspreisvertrag abgeschlossen haben. Für die Umsetzung der definierten Anwendungsfälle hat sich der AG für eine GU-Vergabe entschieden. Der GU übernimmt in diesem Fall auch die BIM-Gesamtkoordination und die Durchsetzung der Koordinationspflichten gegenüber den unterbeauftragten Planern und Ausführenden. Alle wichtigen Bestandteile für die Beschreibung der vertraglich vereinbarten Bauleistung stehen den beteiligten Akteuren in einem gemeinsamen Datenraum zur Verfügung. Des Weiteren wird angenommen, dass die Arbeitsvorbereitung des AN abgeschlossen ist und mit der Bauausführung begonnen wurde.

Die skizzierten Anwendungsfälle laufen zwischen den Parteien *Bauherr*, *Generalunternehmer* und *Nachunternehmer* ab. Auf eine weitere Untergliederung der Bauherrenseite in *Projektsteuerung*, *Objektüberwachung* etc. wurde im Rahmen dieser Arbeit verzichtet, um die jeweiligen Prozessdiagramme übersichtlich gestalten zu können.

### 6.1.3 Informationsübergabe

Grundsätzlich wird in allen nachfolgenden BIM-Anwendungsfällen vorausgesetzt, dass mit lokalen Fachmodellen gearbeitet wird. Ein allumfassendes Gesamtmodell, an dem alle Projektbeteiligten arbeiten und alle Änderungen zurückgemeldet bekommen, ist derzeit, wenn überhaupt nur in sehr kleinen Projekten möglich (EGGER et al., 2013). Zum einen wäre die dadurch entstehende Datenmenge für einen Austausch zwischen den unterschiedlichen Softwareapplikationen zu groß und nicht mehr praktikabel und zum anderen spielen hier auch Fragen zur Haftung und Gewährleistung eine wichtige Rolle.

Die BIM-Anwendungsfälle können zusätzlich sowohl in einer offenen BIM-Softwareumgebung (ohne AG-seitiges Vorschreiben einer proprietären Softwarelandschaft) umgesetzt werden als auch zum Teil durch Vorgabe einer Reihe von Softwareprodukten eines Softwareherstellers. Diese Unterscheidung wird auch als Open BIM und Closed BIM bezeichnet (vgl. Abschnitt 2.3). Bei der Ausarbeitung der folgenden Anwendungsszenarien wird allgemein von einem Open BIM-Ansatz ausgegangen.

Generell wird dem Auftraggeber auch bei der Nutzung der BIM-Methode empfohlen, nicht die Werkzeuge, mit denen die Auftragnehmer ihren Werkerfolg erzielen, zu bestimmen, sondern das Ergebnis, das damit dokumentiert und übergeben werden soll. Die Auswahl der besten Werkzeuge für Ihre Arbeit und die richtigen Workflows sollen den Auftragnehmern überlassen bleiben, damit diese eigenverantwortlich die besten Leistungen erbringen können. Wichtig ist es jedoch, die richtigen Formate und insbesondere die Dateninhalte zu bestimmen, mit denen die BIM-Modelle an den AG übergeben werden (SCHAPKE et al., 2016). Hierbei soll immer das IFC-Modell mit einem festgelegten Inhalt gemäß der Auftraggeberinformationsanforderungen in den dort beschriebenen LOD übergeben werden und bei finalen Übergaben auch die nativen BIM-Modelle.

### Empfehlung:

Für die Umsetzung der nachfolgend beschriebenen Anwendungsfälle wird empfohlen, die geforderten BIM-Leistungen im Sinne der Open BIM Methode durchzuführen. Der geforderte offene BIM-Standard ist IFC2x3 oder die neuere Version IFC4. Die zugelassenen BIM-Tools sollten mindestens gemäß des IFC2x3 Coordination View 2.0 zertifiziert sein. Ein späterer Umstieg auf IFC4 ist mit dem BIM-Management abzustimmen. Für eine modellbasierte Kommunikation wird das BCF-Format vorgeschlagen. Zusätzlich können für einzelne Anwendungsfälle und notwendige Spezialsoftware auch andere Formate freigegeben werden.

#### 6.1.4 Zustandsübergangsdiagramm

Bei der digitalen Abbildung eines Geschäftsprozesses als spezifischer BIM-Anwendungsfall, wird dieser verschiedene Zustände einnehmen. Über einen entsprechenden Status und die Zuweisung von eindeutigen Verantwortlichkeiten, lässt sich ein Workflow dabei steuern und nachvollziehen. Für eine übersichtliche Darstellung der verschiedenen Phasen eines Workflows werden deshalb sogenannte Zustandsübergangsdiagramme verwendet. Ein allgemeingültiges Zustandsdiagramm zwischen drei verschiedenen Vertragsparteien, wie es für die folgenden Anwendungsfälle der Fall ist, könnte wie folgt aussehen:

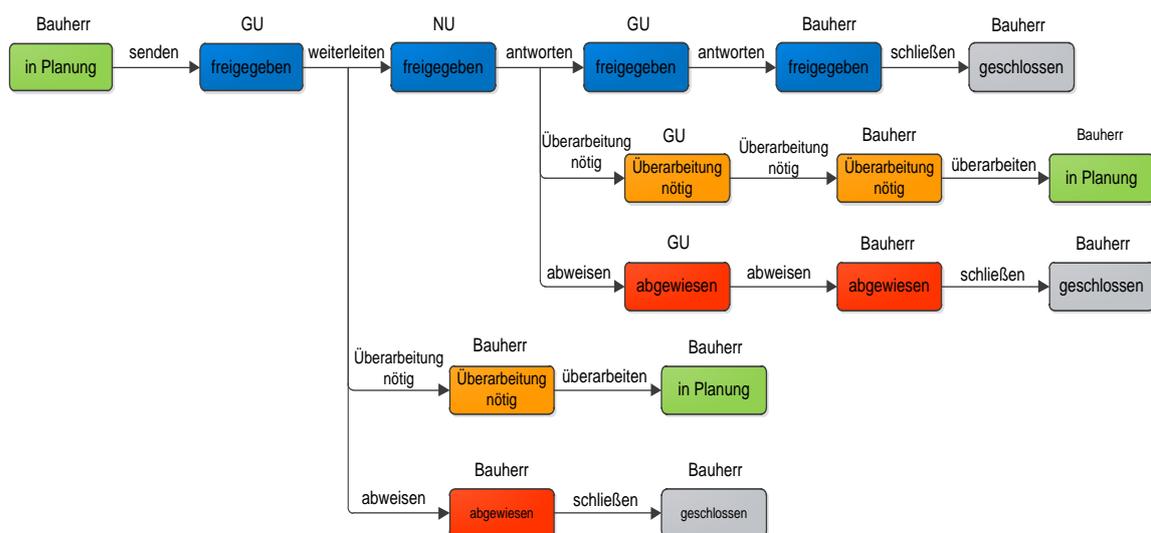


Abb. 6.1 Zustandsdiagramm zur Steuerung der Workflows

Der Prozess wird durch die Zuweisung des verantwortlichen Akteurs und einen eindeutigen Status gesteuert. Durch die Statusmeldung „freigegeben“ und die Zuweisung des nächsten Bearbeiters, erfährt dieser von seiner Zuständigkeit. Sollte der verantwortliche Akteur keine weiteren Einwände haben, kann er nach der Bearbeitung des vorliegenden Sachverhalts den nächsten Bearbeiter zuweisen, ohne dabei den Status ändern zu müssen. Hält er die zugewiesene Aufgabe für nicht ausreichend beschrieben oder liegen ihm entscheidende Dokumente noch nicht vor, kann er den Status auf „Überarbeitung nötig“ setzen und den Sachverhalt zurück zum vorigen Bearbeiter bzw. Ersteller schicken. Als dritte Option steht den Bearbeitern die Statusmeldung „abgewiesen“ zu Verfügung, sollte die zugewiesene Aufgabe als unberechtigt erachtet werden.

## 6.2 Anwendungsfall 1: BIM-basiertes Änderungsmanagement

Während der Projektabwicklung sind Änderungen am Bau häufig nicht vermeidbar. Ein entscheidendes Merkmal der modellbasierten Arbeitsweise besteht darin, dass es bereits in frühen Projektphasen zu einem deutlich besseren Informationsaustausch zwischen allen Projektbeteiligten kommt. Änderungen am Modell können visualisiert und mit zeitlichen und finanziellen Auswirkungen bereits bei der auftraggeberseitigen Validierung der Planungslösung transparent dargestellt werden.

Änderungen und Zusatzleistungen am Bauentwurf während der Bauausführung werden jedoch auch bei einer BIM-basierten Arbeitsweise nicht entfallen. Das einseitige Anordnungs- und Änderungsrecht des Auftraggebers gem. § 1 Abs. 3 VOB/B, bleibt selbstverständlich auch im Rahmen eines BIM-Einsatzes weiterhin bestehen (ESCHENBRUCH et al., 2017). Dementsprechend werden Änderungen des Bauentwurfs auch zukünftig Gegenstand von Verhandlungen bleiben. Aus diesem Grund ist es wichtig, einen strukturierten Umgang mit auftraggeberseitigen Änderungsanordnungen so festzulegen, dass die Auswirkungen für alle Projektbeteiligten in einem vertretbaren und partnerschaftlichen Rahmen bleiben (SCHAPKE et al., 2014).

In den folgenden Abschnitten soll aufgezeigt werden, wie Aspekte einer Leistungsänderung mit BIM partnerschaftlich und prozessgesteuert abgewickelt werden können.

### 6.2.1 Beschreibung des Anwendungsfalls

Nach dem Auftreten oder dem Erkennen einer Änderung gilt es für das Projektteam rund um den Bauherrn zunächst die Folgen einer Änderung hinsichtlich Kosten und Terminen abzuschätzen. Anhand einer möglichen Visualisierung und bauteilbezogenen Verknüpfung von Informationen erfährt der Bauherr unmittelbar, welche zeitlichen und finanziellen Auswirkungen eine potentielle Änderung auf den Bauablauf und das Budget haben. Somit kann der Bauherr bereits in einem frühen Stadium seines geänderten Bedarfes entscheiden, ob er trotz der abgeschätzten finanziellen und bauzeitlichen Folgen eine Änderung anordnen möchte.

Im vorliegend gewählten Anwendungsfall kommt es im Zuge einer Nutzungsänderung im zweiten Obergeschoss eines kleinen Bürogebäudes zu einem erhöhten Berechnungsansatz der Nutzlast. Dies führt zu einer Anpassung des vorgesehenen Trägersystems bestehend aus HEA 180x171-Trägern.

Das Szenario startet mit einer Änderungsanordnung des AG gemäß § 1 Abs. 3 VOB/B nach Vertragsschluss. Der AG ordnet den Einbau der zusätzlichen Träger im zweiten OG an. Die Planungsänderung wird im aktuell gültigen Tragwerksmodell der Ausführungsplanung durch den entsprechenden Fachplaner auf Bauherrnseite durchgeführt und dem AN über einen gemeinsam genutzten Datenraum zur Verfügung gestellt. Die Übergabe erfolgt dabei in einer Art Dateninformationscontainer, der eine überarbeitete und aktualisierte Version des entsprechenden Teilmodells (IFC; V2), einen Viewpoint mit der Beschreibung der Änderung (BCF; V1) sowie einen Änderungsantrag (PDF; V1) enthält. Durch eine entsprechende Verlinkung der verschiedenen Daten entsteht ein Informationspaket, das der GU direkt für seine Folgeprozesse nutzen kann.

Zunächst muss der GU die eingegangene Änderung des Bauentwurfs prüfen und bewerten. Einen ersten Eindruck erhält er dabei durch die im Informationscontainer enthaltene BCF-Datei. Diese beinhaltet eine kurze Beschreibung des vorliegenden Sachverhalts sowie einen gespeicherten Ansichtspunkt der vorgenommenen Änderungen im Modell. Alle weiteren Angaben und Informationen werden dem GU im dazugehörigen Änderungsantrag vorgelegt. Über eine Kommentierung des BCF-Files kann der GU potentielle Einwände bzw. Hinweise an seinen AG abgeben. Andernfalls muss er an dieser Stelle den Tätigkeitsbereich für die weitere Bearbeitung des Antrags festlegen.

Ist auch der Leistungsbereich eines Nachunternehmers betroffen, muss der GU das geänderte Teilmodell (IFC; V2) und den dazugehörigen Viewpoint (BCF; V1+n) zusammen mit dem aktualisierten Änderungsantrag (PDF; V2) seinem Nachunternehmer zur Verfügung stellen.

Für den GU und auch den NU ist es beim Eingang von neuen Planungsunterlagen von großer Bedeutung zu erkennen, ob es sich dabei um eine Leistungsabweichung mit zusätzlichem Vergütungsanspruch oder lediglich um eine Konkretisierung der Bauleistung handelt. Die Ankündigungspflicht in § 2 Abs. 6 Nr. 1 Satz 2 VOB/B fordert vom AN, dass er gegenüber dem AG den zusätzlichen Vergütungsanspruch ankündigen muss, bevor er mit der Ausführung der Leistung beginnt. Um seine Ansprüche gegenüber dem AG sicherzustellen, ist es für den AN deshalb wichtig, mögliche Auswirkungen auf die Kosten und Bauzeit frühzeitig zu erkennen. Dazu muss der AN dem AG eine Abweichung zwischen der geschuldeten (Soll) und der tatsächlich ausgeführten (Ist) Leistung darlegen. Dieser Vorgang kann mit einem modellorientierten Arbeitsansatz deutlich optimiert werden.

Die vertraglich vereinbarte Leistung (Soll) liegt dem AN in Form eines digitalen Informationsmodells vor. Änderungen, die am jeweiligen Teilmodell getätigt wurden, können durch eine systemunterstützte Visualisierung schnell erkannt und nachvollzogen werden. Durch eine Gegenüberstellung verschiedener Versionsstände des jeweiligen Teilmodells, werden Unterschiede in Geometrie und der bauteilbezogenen Attribuierung (teil-)automatisiert erkannt. In diesem Szenario können die zusätzlichen HEA-Träger durch den gespeicherten Viewpoint unmittelbar ausfindig gemacht werden.

Auf welche Art und Weise der AN (GU/NU) die Auswirkungen der Änderungen auf Kosten und Zeit untersucht, hängt von dessen Erfahrung und Expertise mit der BIM-Methodik ab. Hierzu muss der AN das IFC-Modell in seine eigene Arbeitsumgebung (z.B. RIB iTWO 5D) exportieren und auf Grundlage des geänderten Teilmodells entsprechende Mehr- und Minderkosten sowie Auswirkungen auf seinen Terminplan untersuchen. Betroffene Bauteil- und Mengenlisten werden dabei automatisch aktualisiert.

Durch den Vergleich verschiedener Modellversionen ist es dem AN somit möglich, das Ausmaß von Änderungen hinsichtlich Kosten und Bauzeit effizient und rechtssicher zu dokumentieren. Schließlich werden die ermittelten Mehr- und Minderkosten innerhalb eines Nachtrags zusammengefasst und dem AG zur Verfügung gestellt. In welcher Form dies geschieht, sollte vor Vertragsschluss geklärt werden. Zum Beispiel können für einzelne Anwendungsfälle wie das Änderungsmanagement zusätzliche Formate wie CPIXML oder GAEB vereinbart werden. Der Nachtrag enthält alle Nachtragspositionen, die dazugehörigen Bauteile und Mengen, einen überarbeiteten Terminplan sowie ein entsprechendes Nachtragsangebot.

Nach dem Import in seine eigene Systemumgebung, kann der AG im Rahmen seines Nachtragscontrollings das eingereichte Nachtragsangebot ebenfalls digital auf Plausibilität prüfen und bewerten. Mit der Einigung und letztendlich auch der Beauftragung des AN zur Ausführung findet eine Fortschreibung der jeweiligen Informationsmodelle zur digitalen Abbildung der Vertragsbestandteile statt.

### 6.2.2 BPMN-Diagramm (Szenario 1)

Das in Abschnitt 6.2.1 beschriebene Anwendungsszenario wird im folgenden BPMN-Diagramm noch einmal übersichtlich abgebildet. Die Datenübergabepunkte sowie die damit verbundenen Austauschforderungen lassen sich damit anschaulich darstellen. Die Datencontainer an den Schnittstellen existieren in der offiziellen BPMN zwar nicht, sind zur Definition des erforderlichen Datenaustauschs jedoch gut geeignet.

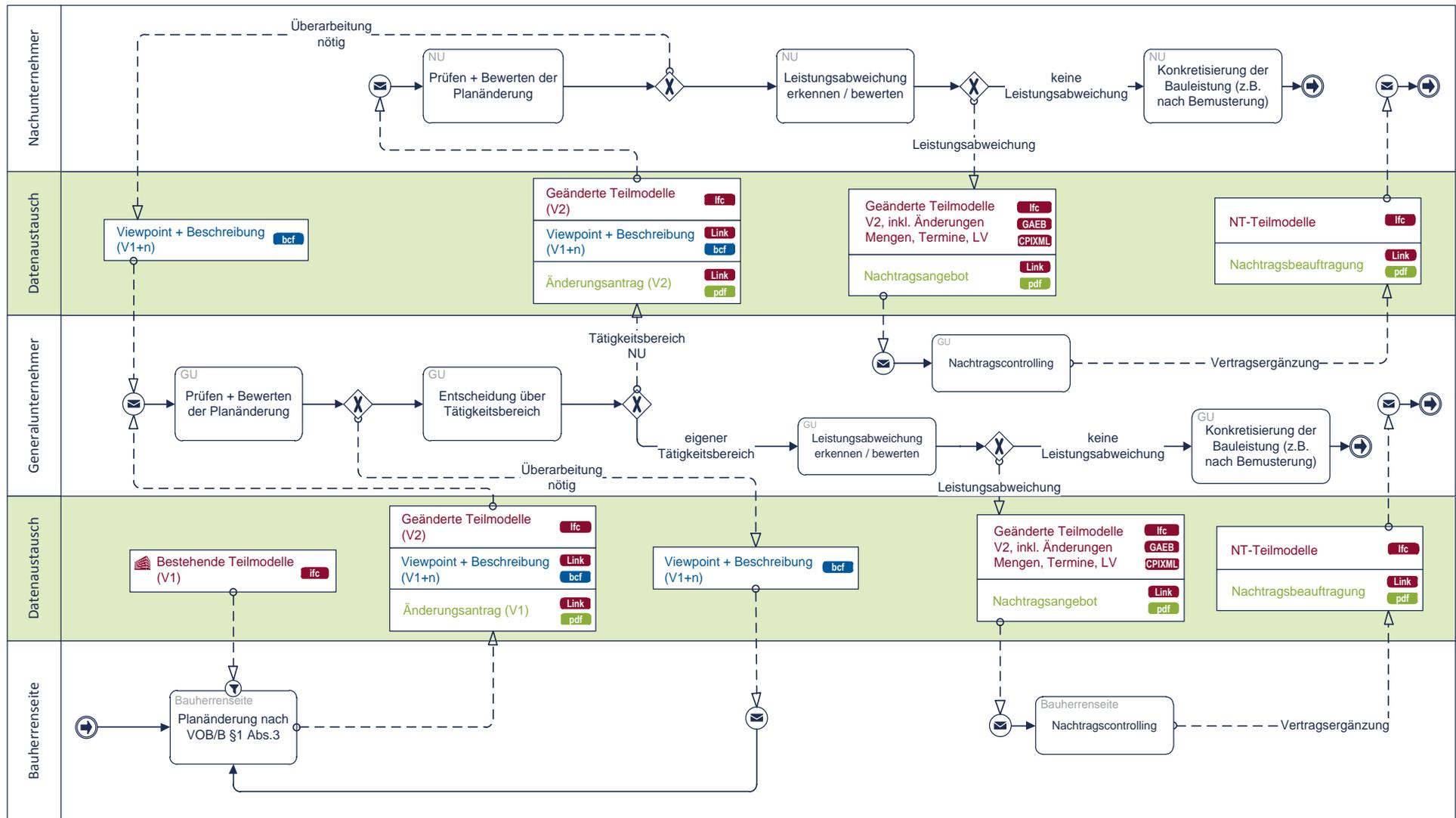


Abb. 6.2 BPMN-Diagramm zur Beschreibung von Szenario 1

Die jeweiligen BIM-Anwendungen innerhalb der Teilprozesse werden anhand der nachfolgenden Tabelle noch einmal Schritt für Schritt dargestellt und eine Auswahl an möglichen BIM-Softwareapplikationen für deren Umsetzung vorgeschlagen.

Code	BIM-Teilprozess	Datenaustausch	BIM-Software (Auswahl)
<b>T1</b>	<b>Planänderung nach § 1 Abs. 3 VOB/B</b>		
	Zurverfügungstellung der geänderten und aktualisierten Teilmodelle inkl. Viewpoint mit Beschreibung sowie Änderungsantrag in einem gemeinsamen Datenraum	open BIM	integriert: think project, Aconex Conject BIM-cloud: BIM 360, BIM+, Trimble Connect BIM-Issue-Management: BIMcollab (ergänzend möglich)
<b>T2</b>	<b>Prüfen und Bewerten der Planänderung</b>		
	Dokumentenmanagement und BIM-Modellmanagement	open BIM	integriert: think project, Aconex Conject BIM-cloud: BIM 360, BIM+, Trimble Connect
	Nutzung und Prüfung der BIM-Fachmodelle durch den AN (GU/NU)	open BIM	Viewer des CDE, Solibri, Navisworks, TEKLA BIMsight BIMcollab (ergänzend möglich)
<b>T3</b>	<b>Entscheidung über den Tätigkeitsbereich</b>		
	Nutzung der BIM-Fachmodelle zur Visualisierung und Einschätzung der Änderungen durch den AN (GU)	open BIM	Viewer des CDE, Solibri, Navisworks, TEKLA BIMsight, andere Viewer
	Zuweisung der geänderten und aktualisierten Teilmodelle inkl. Viewpoint mit Beschreibung sowie Änderungsantrag in einem gemeinsamen Datenraum	open BIM	integriert: think project, Aconex Conject BIM-cloud: BIM 360, BIM+, Trimble Connect BIM-Issue-Management: BIMcollab (ergänzend möglich)
<b>T4</b>	<b>Leistungsabweichung erkennen und bewerten</b>		
	Dokumentenmanagement und BIM-Modellmanagement	open BIM	integriert: think project, Aconex Conject BIM-cloud: BIM 360, BIM+, Trimble Connect
	Erstellung der Flächen- und Rauminhalte für die Kostenschätzung	Auswertung in eigener Software aus dem nativen BIM-Modell	Erstellung und Auswertung in BIM-Planungssoftware
	Erstellung von Mengenauszügen und Stücklisten für die Kostenberechnung	Auswertung in eigener Software aus dem nativen BIM-Modell	Erstellung und Auswertung in BIM-Planungssoftware
	Erstellung und Visualisierung eines Grobterminplans mit Modellverknüpfung	open BIM (Anbindung an 4D Software mit IFC); half-open (CPIXML)	dsite, Syncro, iTWO, Navisworks
	Modellableitung von Mengen und Stücklisten mit Verknüpfung von Leistungsverzeichnissen für die Kalkulation	open BIM (IFC & GAEB); half-open (CPIXML)	iTWO, BIM4YOU, diverse AVA Systeme

Code	BIM-Teilprozess	Datenaustausch	BIM-Software (Auswahl)
	Erstellung eines Nachtragsverzeichnisses auf Basis der BIM-Fachmodelle	open BIM (Anbindung an AVA Software IFC&GAEB); half-open (CPIXML)	iTWO, BIM4YOU, diverse AVA Systeme
	Zurverfügungstellung der aktualisierten Teilmodelle inkl. Nachtragsangebot in einem gemeinsamen Datenraum	open BIM	integriert: think project, Aconex Conject BIM-cloud: BIM 360, BIM+, Trimble Connect BIM-Issue-Management: BIMcollab (ergänzend möglich)
<b>T5</b>	<b>Nachtragscontrolling</b>		
	Dokumentenmanagement und BIM-Modellmanagement	open BIM	integriert: think project, Aconex Conject, BIM-cloud: BIM 360, BIM+, Trimble Connect
	Nutzung der BIM-Fachmodelle zur Prüfung des Nachtrags durch den AG	open BIM	iTWO, BIM4YOU
	Fortschreibung der jeweiligen Teilmodelle zur digitalen Abbildung der Vertragsbestandteile	open BIM	integriert: think project, Aconex Conject BIM-cloud: BIM 360, BIM+, Trimble Connect

Tabelle 6.1 Übersicht möglicher BIM-Anwendungen der Teilprozesse aus Szenario 1

### 6.2.3 Fazit

Das Verständnis für die Kalkulation und die Ablauforganisation von Planungsänderungen wird durch eine BIM-basierte Arbeitsweise anhand der Visualisierung für alle beteiligten Akteure besser nachvollziehbar und transparenter. Der Vorteil von BIM liegt dabei in der modellbasierten, bauteilbezogenen Dokumentation, sodass Änderungen und Zusatzleistungen zielgerichtet und VOB-konform abgewickelt werden können. Durch die Bereitstellung eines dreidimensionalen Dateninformationsmodells kann das Bausoll klar definiert werden und anhand dessen Leistungsabweichungen zeitnah erkannt werden.

Die geänderten Fachmodelle in die eigene konsistente Systemumgebung zu integrieren stellt dabei jedoch nach wie vor eine große Herausforderung an die bestehenden Softwareapplikationen und die beteiligten Akteure dar. Erstens gibt es eine Vielzahl an Änderungen, die in einem Bauprojekt auftreten können und zweitens müssen die Auswirkungen von geänderten Fachmodellen auf die bestehende Modellstruktur unbedingt erkannt und berücksichtigt werden. Zudem ist für den Erhalt einer konsistenten Datenstruktur eine kontinuierliche Datenpflege erforderlich. Es muss in jedem Fall sichergestellt werden, dass das BIM-Modell stets aktuell gehalten wird und mit der zu erbringenden Bauleistung übereinstimmt.

Für einen verlustfreien Datenaustausch zwischen AG und AN ist es neben der Vorgabe der Datenaustauschformate von großer Bedeutung, den Detaillierungsgrad der Fachmodelle zu definieren. Bei einem SF-Projekt ist dafür ein LOD 500 vorzusehen, da Änderungen häufig auch an sehr kleinen Bauteilen auftreten.

Die Bereitschaft, Auswirkungen von Änderungen hinsichtlich Kosten, Termine, Qualitäten und Quantitäten automatisiert zu bewerten und zu kommunizieren, könnte auch von der Anwendung entsprechend transparenter Vertragsmodelle abhängen. Hierzu gilt es ggf. zu untersuchen, inwieweit eine BIM-basierte Arbeitsmethodik beispielsweise durch einen GMP-Vertrag profitieren kann.

### 6.3 Anwendungsfall 2: Mängelbeseitigung vor der Abnahme im Rahmen eines BIM-basierten Qualitätsmanagements

Der Mangelbegriff ist in § 13 VOB/B definiert. Zum Zeitpunkt der Abnahme hat die geschuldete Leistung danach frei von Sachmängeln zu sein, wobei ein Sachmangel dann vorliegt, wenn die Leistung nicht die vereinbarte Beschaffenheit hat und nicht den anerkannten Regeln der Technik entspricht. Es ist dabei nicht entscheidend, ob die Vertragsabweichung zu einer Beeinträchtigung des Werkes oder dessen Gebrauchstauglichkeit führt. Damit stellt letztlich jede Abweichung des Ist- vom Soll-Zustand einen Mangel dar. Die VOB/B enthält besondere Regelungen dahingehend, dass der AG bereits vor der Abnahme Mängel rügen und deren Beseitigung verlangen kann. Nach § 4 Abs. 7 VOB/B hat der AN Leistungen, die schon während der Ausführung als mangelhaft oder vertragswidrig erkannt werden, auf eigene Kosten durch mangelfreie zu ersetzen. Dieses Eingriffs- und Kontrollrecht des AG bereits während der Ausführung ist dem Wesen des Bauvertrages als komplexem Langzeitvertrag geschuldet. Der AG soll nicht bis zur Abnahme warten müssen, um Mängel an der Leistung rügen zu können (OBERHAUSER, 2015).

Der Mangelbegriff umfasst also ein weites Anwendungsfeld und wird entgegen der Vorstellung vieler Akteure der Baubranche, BIM würde die Entstehung sämtlicher Mängel verhindern, auch in Zukunft ein wichtiges Thema der Bauausführung bleiben. In der Phase der Objektüberwachung müssen auftretende Mängel zeitnah erfasst, verwaltet, beseitigt und kontrolliert werden. Im Rahmen eines gewerkübergreifenden Qualitätsmanagements gilt es, diese Prozesse systematisch zu organisieren. Im folgenden Abschnitt soll aufgezeigt werden, wie die BIM-Methodik den Prozess der Mängelbeseitigung im Rahmen eines integrierten Qualitätsmanagements optimieren kann.

#### 6.3.1 Beschreibung des Anwendungsfalls

Im vorliegenden Anwendungsszenario wird auf Seiten des Bauherrn ein baulicher Mangel erkannt. Gem. § 4 Abs. 7 VOB/B rügt der AG den Mangel und setzt dem GU eine angemessene Frist zur Beseitigung des Mangels. Zu den Neuerungen eines modellorientierten Mängelmanagements zählt die direkte Verknüpfung dieser Mängel mit Raum- oder Bauteilen. Auf diese Art und Weise werden alle aktuellen bzw. bereits behobenen Mängel im Grunde zu einer weiteren Eigenschaft eines bestimmten Raum- oder Bauteils und können leicht nachverfolgt und verwaltet werden. Durch den Einsatz mobiler Endgeräte kann die Datenerfassung neben dem Büro unmittelbar während der Begehung eines Bauwerks erfolgen. Meist können diese zusätzlichen Hilfsmittel sowohl im Online- als auch im Offline-Betrieb verwendet werden.

Wie bereits in Szenario 1 erfolgt die Datenübergabe in einer Art Informationscontainer mit allen nötigen Unterlagen, bestehend aus einer BCF-Datei (V1) zur Erfassung und

Lokalisierung des Mangels, einer entsprechenden Mangelanzeige in PDF-Format (V1) sowie einer dazugehörigen Fotodokumentation des Mangels auf der Baustelle. Jede weitere Änderung oder Ergänzung der BCF-Datei bzw. der Mangelanzeige führt zu einer weiteren Version (V1+n).

Durch die direkte Verknüpfung des Sachverhalts mit dem jeweiligen Raum- oder Bauteil, kann sich der GU einen schnellen Überblick über den ihm zugewiesenen Mangel verschaffen und über sein weiteres Vorgehen entscheiden. Einwände kann er dem Bauherrn durch eine einfache Kommentierung der BCF-Datei mitteilen oder ggf. eine entsprechende Zuweisung des Mangels an einen verantwortlichen Nachunternehmer vornehmen.

Um den Nachunternehmer mit in den Prozess der Mangelbeseitigung einzubeziehen, muss der GU den Mangel entweder neu erfassen oder weiterleiten. Die zweite Möglichkeit besteht jedoch nur in Kollaborationswerkzeugen, die eine entsprechende Verwaltung der Einsichtsrechte erlauben.

Der Zugriff und die digitale Bearbeitung der Mängel können wiederum mobil auf der Baustelle erfolgen. Durch Synchronisation des mobilen Endgerätes mit dem gemeinsamen Datenraum können alle aktuellen Mängel in die mobile Arbeitsumgebung importiert und nach deren Bearbeitung wieder in die gemeinsame Datenbasis exportiert werden.

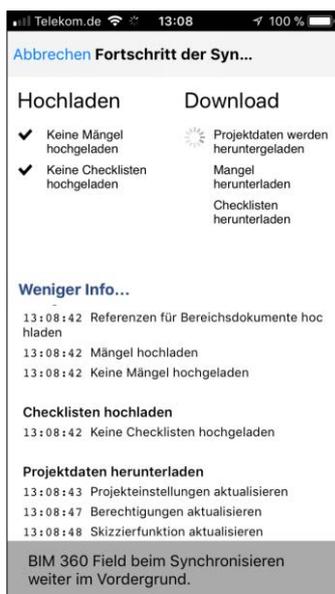


Abb. 6.3 Import von Mängeln in die mobile Arbeitsumgebung (BIM 360 Field)

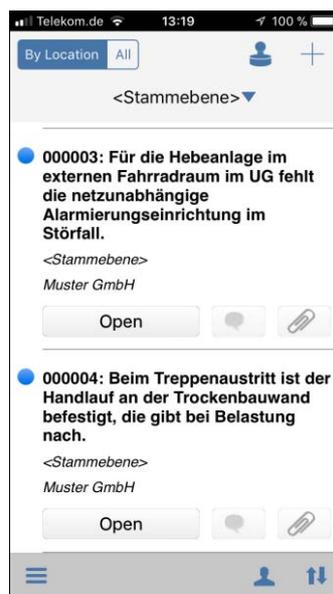


Abb. 6.4 Mobile Übersicht aktueller Mängel (BIM 360 Field)

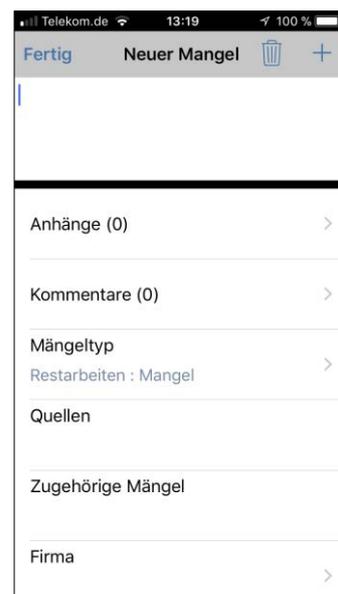


Abb. 6.5 Mobile Mängelerfassung (BIM 360 Field)

Im weiteren Verlauf des Workflows zur Beseitigung auftretender baulicher Mängel erfolgt die Kommunikation bis zur Mangelfreimeldung weiterhin über das BCF-Format.

### 6.3.2 BPMN-Diagramm (Szenario 2)

Eine Übersicht wie ein modellbasiertes Mängelmanagement aussehen kann, gibt das folgende BPMN-Diagramm.

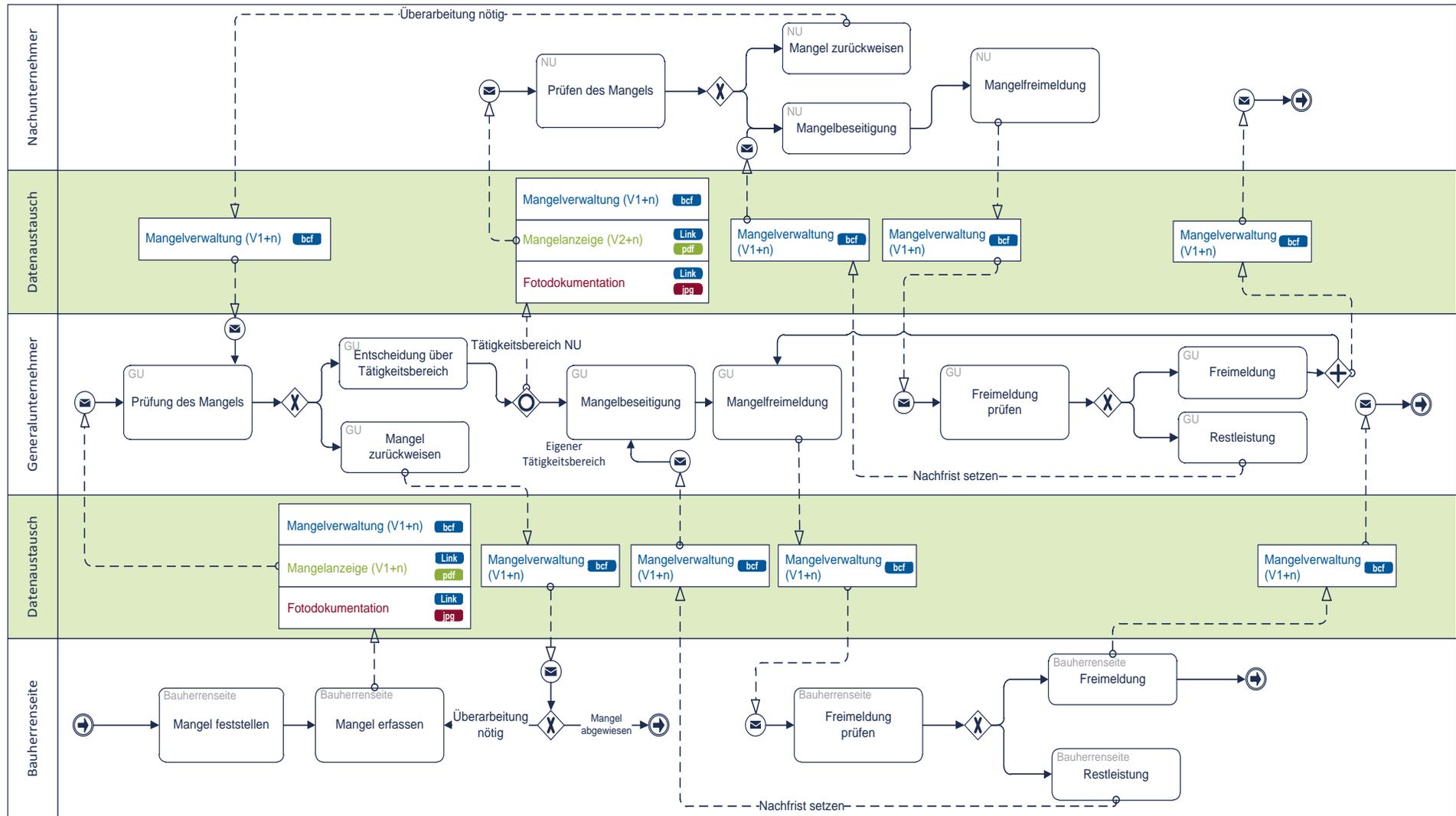


Abb. 6.6 BPMN-Diagramm zur Beschreibung von Szenario 2

Tabelle 6.2 beschreibt wiederum mögliche BIM-Anwendungen innerhalb der Teilprozesse aus Szenario 2.

Code	BIM-Teilprozess	Datenaustausch	BIM-Software (Auswahl)
<b>T1</b>	<b><i>Mangelerfassung</i></b>		
	(mobile) Mangelerfassung und (teil-) automatisierte Bauteilverortung nach einheitlichem Workflow. Zuweisen eines verantwortlichen Akteurs	open BIM	integriert: think project, Aconex Conject BIM-cloud: BIM 360, BIM+, Trimble Connect BIM-Issue-Management: BIMcollab Mobile Apps: think project! Quality App, BIM 360 Field, conjectPM Mobile, BIM+
<b>T2</b>	<b><i>Prüfung des Mangels</i></b>		
	Nutzung der BIM-Fachmodelle zur Lokalisierung und Prüfung des Mangels	open BIM	Viewer des CDE, Solibri, Navisworks, TEKLA BIMsight, andere Viewer BCF-Manager BIMcollab
	Dokumentenmanagement und BIM-Modellmanagement	open BIM	integriert: think project, Aconex Conject, BIM-cloud: BIM 360, BIM+, Trimble Connect
<b>T3</b>	<b><i>Mangel zurückweisen</i></b>		
	bauteilorientierte Kommunikation	open BIM	integriert: think project, Aconex Conject BIM-cloud: BIM 360, BIM+, Trimble Connect BIM-Issue-Management: BIMcollab Mobile Apps: think project! Quality App, BIM 360 Field, conjectPM Mobile, BIM+
<b>T4</b>	<b><i>Mangelfreimeldung</i></b>		
	bauteilorientierte Kommunikation	open BIM	integriert: think project, Aconex Conject BIM-cloud: BIM 360, BIM+, Trimble Connect BIM-Issue-Management: BIMcollab Mobile Apps: think project! Quality App, BIM 360 Field, conjectPM Mobile, BIM+
<b>T5</b>	<b><i>Freimeldung Prüfen</i></b>		
	Dokumentenmanagement und BIM-Modellmanagement	open BIM	integriert: think project, Aconex Conject, BIM-cloud: BIM 360, BIM+, Trimble Connect
<b>T5</b>	<b><i>Freimeldung</i></b>		
	bauteilorientierte Kommunikation	open BIM	integriert: think project, Aconex Conject BIM-cloud: BIM 360, BIM+, Trimble Connect BIM-Issue-Management: BIMcollab Mobile Apps: think project! Quality App, BIM 360 Field, conjectPM Mobile, BIM+

Code	BIM-Teilprozess	Datenaustausch	BIM-Software (Auswahl)
<b>T5</b>	<b>Restleistung</b>		
	bauteilorientierte Kommunikation	open BIM	integriert: think project, Aconex Conject BIM-cloud: BIM 360, BIM+, Trimble Connect BIM-Issue-Management: BIMcollab Mobile Apps: think project! Quality App, BIM 360 Field, conjectPM Mobile, BIM+

Tabelle 6.2 Übersicht möglicher BIM-Anwendungen der Teilprozesse aus Szenario 2

### 6.3.3 Fazit

Gerade in der Phase der Objektüberwachung, in der oft eine Vielzahl auftretender Mängel zu erfassen, verwalten und lösen ist, gilt es ein einheitliches System für deren Verwaltung und Beseitigung zu schaffen. Mit dem offenen Datenstandard des BIM Collaboration Formats (BCF) ist eine effiziente Lösung geschaffen worden, die auftretenden baulichen Mängel auf Grundlage der BIM-Modelle zu bearbeiten. Sowohl die Kommunikation als auch die Dokumentation laufen dabei modellorientiert ab. Ein objektorientiertes Mängelmanagement bietet demnach folgende Vorteile:

- Transparenz: transparente und jederzeit zugängliche Dokumentation des Mangels
- Raum-/Bauteilzuordnung: Schnittstelle zwischen Modell- und Dokumentenmanagement
- Kausalität: erkennen der kausalen Zusammenhänge durch direkte Bauteilzuordnung
- Informationsfluss: verbesserte Kommunikation durch direkten Zugriff auf Bauwerksunterlagen
- Dokumentation: automatischer Suchlauf nach Stichworten, chronologische Sortierung
- Informationsbearbeitung: schnellere und effizientere Bearbeitung

Diese neue Art der Prozessbearbeitung und Kommunikation verbessert die Zusammenarbeit der Projektbeteiligten deutlich. Aufgrund gemeinsam genutzter Datenräume als Informationsgrundlage, steigt die Qualität des Informationsaustausches und ermöglicht eine effiziente Abwicklung auftretender Mängel.

## 6.4 Anwendungsfall 3: Anmeldung von Bedenken

Nach § 4 Abs. 3 VOB/B hat der AN Bedenken gegen die vorgesehene Art der Ausführung, gegen die Güte der gelieferten Stoffe und Bauteile oder gegen die Leistungen anderer Unternehmer unverzüglich, möglichst schon vor Beginn der Arbeiten, schriftlich gegenüber dem AG anzuzeigen. Der Hinweispflicht geht eine Prüfungspflicht voraus. Der AN hat dabei Unzulänglichkeiten, die für ihn aufgrund seiner Sachkunde erkennbar sind, gegenüber dem AG anzuzeigen (OBERHAUSER, 2015).

Im Rahmen einer Bedenkenanmeldung stellt es sich gemeinhin zielführend dar, alternative Lösungsvorschläge zwischen den Beteiligten partnerschaftlich zu diskutieren. Um dabei die beste Lösung für ein Ausführungsdetail zu finden, bedarf es einer höheren Kommunikation

und verbesserten Verständnisses zwischen Auftraggeber, GU und Nachunternehmer. Die Integration von Varianten in die modellbasierte Arbeitsweise ermöglicht in diesem Zusammenhang eine bessere Diskussion und Validierung von Planungslösungen.

Dies gelingt durch eine Visualisierung und Diskussion am 3D-Modell und ermöglicht es somit, Alternativvorschläge besser in den Gesamtkontext einordnen und bewerten zu können.

#### 6.4.1 Beschreibung des Anwendungsfalls

Die Anmeldung der Bedenken und die Darstellung der Abweichung von den anerkannten Regeln der Technik erfolgt im nachfolgend diskutierten Szenario durch den GU mit der Erstellung eines BCF-Files (V1) und dem Anhang der Bedenkenanmeldung im PDF-Format.

Durch den gespeicherten Ansichtspunkt und die Beschreibung der Bedenken innerhalb der BCFZIP-Datei ist es der Objektüberwachung auf Bauherrenseite möglich, sich ein verbessertes Verständnis über den zugrundeliegenden Sachverhalt zu verschaffen und zu prüfen, ob die Bedenken dem Grunde nach berechtigt sind. Innerhalb eines gemeinsam genutzten Modell- und Dokumentenmanagements kann dabei direkt auf die relevanten Bauwerksmodelle und die dazugehörigen 2D-Unterlagen zugegriffen werden. Auf dieser Grundlage kann die Objektüberwachung über ihr weiteres Vorgehen entscheiden.

Wird die Bedenkenanmeldung für plausibel erachtet, wird es Aufgabe des Architekten auf Bauherrenseite sein, einen Alternativvorschlag (ggf. in Zusammenarbeit mit dem GU) auszuarbeiten. Für eine Anpassung und Optimierung der bestehenden Bauelemente und Abläufe, werden dabei die Entstehungsprozesse mit der Geometrie des Bauwerks verglichen. Ausgangslage dafür sind die bestehenden Teilmodelle der Ausführungsunterlagen.

Die entsprechenden Bauteile werden vom Architekten angepasst oder ergänzt und erhalten eine neue Attribuierung (AV1). Hierzu müssen die betroffenen Fachmodelle über IFC in die unternehmensspezifische Systemumgebung importiert und mit geeigneter BIM-Modellierungssoftware zunächst angepasst bzw. ergänzt werden. Außerdem können die BIM-Fachmodelle zur Abteilung von Raum- und Bauteilmengen genutzt werden und in eine geeignete 5D-Software zur exakten Mengenberechnung und Verknüpfung mit Leistungspositionen für die Kalkulation der Kosten importiert werden. Über einen Variantenvergleich können somit bereits zu diesem Zeitpunkt entsprechende Mehr- und Minderkosten abgeschätzt werden. Nach der Abstimmung zwischen der Projektsteuerung und Objektüberwachung werden die angepassten Teilmodelle dem GU in einem gemeinsamen Datenraum als IFC-Datei (AV1) zur Verfügung gestellt. Die getätigten Anpassungen können in Form eines BCF-Files (V1+n) kommuniziert werden. Für eine bessere Diskussion der Varianten und dafür notwendige Spezialsoftware können auch andere Formate wie GAEB oder CPIXML genutzt werden.

Der GU wird über eine Kommentierung seines ursprünglich erstellten BCF-Files (V1+n) über die Erstellung eines Alternativvorschlags in Kenntnis gesetzt. Mit den nun vorliegenden Daten ist es ihm möglich, einen Soll-Ist-Vergleich digital durchzuführen und mögliche Leistungsabweichungen (teil-)automatisiert zu erkennen. Einen daraus resultierenden zusätzlichen Vergütungsanspruch wird der GU in Form eines Nachtragsangebotes geltend

machen. Die Abwicklung einer Leistungsänderung im Rahmen der BIM-Methodik wurde bereits in Szenario 1 ausführlich erläutert (vgl. hierzu Abschnitt 6.2.1).

Für die beiden anderen Reaktionen des Bauherrn auf die Anmeldung der Bedenken („Umsetzungsverpflichtung“ bzw. „Begründung unberechtigter Bedenken“), müssen keine IFC-Modelle ausgetauscht werden. Die wechselseitige Kommunikation zwischen GU und Bauherr findet auf Basis der jeweiligen Bauwerksmodelle als Diskussionsgrundlage statt. Der offene Datenstandard des BCF liefert hierfür alle Voraussetzungen.

#### 6.4.2 BPMN-Diagramm (Szenario 3)

Eine Übersicht einer modellbasierten Bedenkenanzeige mit einer nachfolgenden Diskussion eines Alternativvorschlags gibt das folgende BPMN-Diagramm.

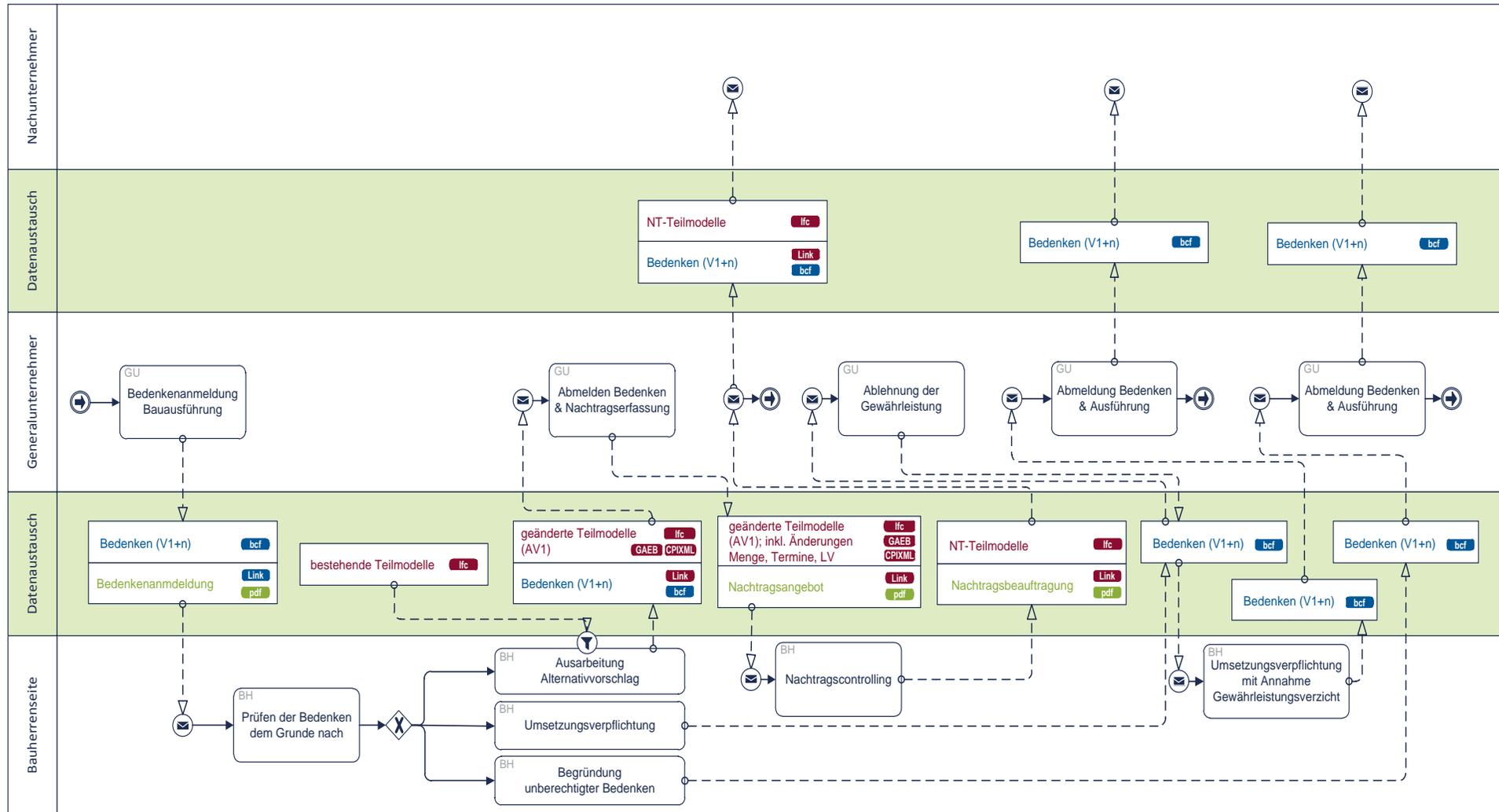


Abb. 6.7 BPMN-Diagramm zur Beschreibung von Szenario 3

Tabelle 6.3 liefert eine Übersicht möglicher BIM-Anwendungen innerhalb der verschiedenen Teilprozesse des Anwendungsfalls.

Code	BIM-Teilprozess	Datenaustausch	BIM-Software (Auswahl)
<b>T1</b>	<b><i>Bedenkenanmeldung Bauausführung</i></b>		
	Systemunterstützte Anzeige von Bedenken nach § 4 Abs. 3 VOB/B und (teil-) automatisierte Bauteilverortung nach einheitlichem Workflow.	open BIM	integriert: think project, Aconex Conject BIM-cloud: BIM 360, BIM+, Trimble Connect BIM-Issue-Management: BIMcollab
<b>T2</b>	<b><i>Prüfung der Bedenken dem Grunde nach</i></b>		
	Dokumentenmanagement und BIM-Modellmanagement	open BIM	integriert: think project, Aconex Conject, BIM-cloud: BIM 360, BIM+, Trimble Connect
	Nutzung der BIM-Fachmodelle zur Lokalisierung und Prüfung der Bedenken	open BIM	Viewer des CDE, Solibri, Navisworks, TEKLA BIMsight, andere Viewer BCF-Manager BIMcollab (ergänzend möglich)
<b>T3</b>	<b><i>Ausarbeitung Alternativvorschlag</i></b>		
	Anpassung der benötigten, bestehenden Teilmodelle zu einer Ausführungsvariante (AV1)	open BIM	Autodesk Revit, ArchiCAD, Allplan, AECOSim Building Designer
	Erstellung von Mengenauszügen und Stücklisten für die Kostenschätzung	Auswertung in eigener Software aus dem nativen BIM-Modell	Erstellung und Auswertung in BIM-Planungssoftware
	Erstellung und Visualisierung eines Grobterminplans mit Modellverknüpfung	open BIM (Anbindung an 4D Software mit IFC) half-open (CPIXML);	dsite, Syncro, iTWO
	Modellableitung von Mengen und Stücklisten mit Verknüpfung von Leistungsverzeichnissen für die Kalkulation	open BIM (IFC & GAEB); half-open BIM (CPIXML)	iTWO, BIM4YOU, diverse AVA Systeme
	Erstellung eines Leistungsverzeichnisses auf Basis der Ausführungsvariante (AV1)	open BIM (Anbindung an AVA Software IFC & GAEB); half-open (cpixml)	iTWO, BIM4YOU, diverse AVA Systeme
	Zurverfügungstellung der Ausführungsvariante (AV1) im gemeinsamen Dokumentenmanagement und BIM-Modellmanagement	open BIM	integriert: think project, Aconex Conject, BIM-cloud: BIM 360, BIM+, Trimble Connect
<b>T4</b>	<b><i>Abmeldung Bedenken &amp; Nachtragserfassung</i></b>		
	Dokumentenmanagement und BIM-Modellmanagement	open BIM	integriert: think project, Aconex Conject, BIM-cloud: BIM 360, BIM+, Trimble Connect

Code	BIM-Teilprozess	Datenaustausch	BIM-Software (Auswahl)
	Nutzung und Prüfung der Ausführungsvariante (AV1) durch den AN (GU)	open BIM	Viewer des CDE, Solibri, Navisworks, TEKLA BIMsight
	Erstellung der Flächen- und Rauminhalte für die Kostenschätzung	Auswertung in eigener Software aus dem nativen BIM-Modell	Erstellung und Auswertung in BIM-Planungssoftware
	Erstellung von Mengenauszügen und Stücklisten für die Kostenberechnung	Auswertung in eigener Software aus dem nativen BIM-Modell	Erstellung und Auswertung in BIM-Planungssoftware
	Erstellung und Visualisierung eines Grobterminplans mit Modellverknüpfung	open BIM (Anbindung an 4D Software mit IFC); half-open (CPIXML)	dsite, Syncro, iTWO
	Modellableitung von Mengen und Stücklisten mit Verknüpfung von Leistungsverzeichnissen für die Kalkulation	open BIM (IFC & GAEB); half-open BIM (CPIXML)	iTWO, BIM4YOU, diverse AVA Systeme
	Erstellung eines Nachtragsverzeichnisses auf Basis der BIM-Fachmodelle	open BIM (Anbindung an AVA Software IFC); half-open (cpixml)	iTWO, BIM4YOU, diverse AVA Systeme
	Zurverfügungstellung der aktualisierten Teilmodelle inkl. Nachtragsangebot in einem gemeinsamen Datenraum	open BIM	integriert: think project, Aconex Conject, BIM-cloud: BIM 360, BIM+, Trimble Connect
<b>T5</b>	<b><i>Nachtragscontrolling</i></b>		
	Dokumentenmanagement und BIM-Modellmanagement	open BIM	integriert: think project, Aconex Conject, BIM-cloud: BIM 360, BIM+, Trimble Connect
	Nutzung der BIM-Fachmodelle zur Prüfung des Nachtrags durch den AG	open BIM	iTWO, BIM4YOU
	Fortschreibung der jeweiligen Teilmodelle zur digitalen Abbildung der Vertragsbestandteile	open BIM	integriert: think project, Aconex Conject, BIM-cloud: BIM 360, BIM+, Trimble Connect
<b>T6</b>	<b><i>Umsetzungsverpflichtung &amp; Folgeprozesse</i></b>		
	bauteilorientierte Kommunikation	open BIM	integriert: think project, Aconex Conject BIM-cloud: BIM 360, BIM+, Trimble Connect BIM-Issue-Management: BIMcollab
<b>T11</b>	<b><i>Begründung unberechtigter Bedenken &amp; Folgeprozesse</i></b>		
	bauteilorientierte Kommunikation	open BIM	integriert: think project, Aconex Conject BIM-cloud: BIM 360, BIM+, Trimble Connect BIM-Issue-Management: BIMcollab

Tabelle 6.3 Übersicht möglicher BIM-Anwendungen der Teilprozesse aus Szenario 3

### 6.4.3 Fazit

Mit einem Building Information Model im Zentrum der gemeinsamen Zusammenarbeit, ist es möglich ein deutlich besseres Verständnis für das Anmelden von Bedenken gegen die Bauausführung zu entwickeln. Auf Grundlage der dreidimensionalen Darstellung des Bauwerks kann eine deutlich transparentere Diskussion und Validierung der ausgearbeiteten Alternativvorschläge erfolgen. Dies trägt zu wesentlich verbesserten Entscheidungsprozessen bei und unterstützt die beteiligten Akteure dabei die beste Lösung für das Erreichen der Projektziele zu finden. Eine aus der Entwicklung einer Variante resultierende Leistungsabweichung, kann systemunterstützt erkannt und innerhalb eines Nachtragsmanagements zeitnah abgewickelt werden (vgl. hierzu Abschnitt 6.2.1).

Inwieweit eine BIM-basierte Bedenkenanmeldung im Rahmen von „konventionellen“ Vertragsmodellen, die per se ein partnerschaftliches Projektverhalten nicht begünstigen (ZIMMERMANN, 2015), sinnvoll ist, bleibt vorerst offen. Erst durch die Integration der verschiedenen Projektbeteiligten, z.B. durch die Anwendung von Partnering-Modellen, ist es möglich verschiedene Alternativvorschläge infolge der Anmeldung von Bedenken gemeinschaftlich zu diskutieren und zu bewerten.

Bedenken hinsichtlich einer vorgesehenen Art der Ausführung gründen i.d.R. zusätzlich auf eine enorme konstruktive Detailtiefe. Innerhalb eines Schlüsselfertigbauprojektes sollte daher mit einem LOD 500 gearbeitet werden. Inwieweit die einzelnen Fachmodelle diese Detailtiefe abbilden können (Komplexität, Datenmenge, etc.) gilt es in Zukunft daher genauer zu erörtern.

Darüber hinaus wird sich zeigen, welche exakten Auswirkungen die BIM-Methodik auf die Bedenkenhinweispflichten des Auftragnehmers haben wird. Nach den aktuellen Vorgaben der VOB/B hat der AN den AG auf Planungsmängel, die für ihn aufgrund seiner Sachkunde erkennbar sind, hinzuweisen. Daraus könnte abgeleitet werden, dass sich die Prüf- und Hinweispflichten im Rahmen der BIM-Methodik für den AN weiter ausweiten werden, da auftretende Planungsmängel durch die 3D-Visualisierung und entsprechende Bauablaufsimulationen noch schneller erkennbar werden. Andererseits werden Planungsmängel, z.B. im Rahmen von Kollisionsprüfungen, auch für den AG frühzeitig erkennbar und würden die Bedenkenhinweispflichten des AN deutlich einschränken. Es sollte daher klar vereinbart werden, auf welche aus dem Bauwerksdatenmodell erkennbaren Planungsmängel der Auftragnehmer hinzuweisen hat.

In Zukunft könnte ein intelligentes Building Information Model bei einer entsprechenden Datenverarbeitung der DIN Vorschriften auch dabei unterstützen vom Standard abweichende Planungsdetails (teil-)automatisiert zu identifizieren.

## 7 BIM-Kollaborationswerkzeuge

Für eine konsistente und effiziente Umsetzung der Anwendungsszenarien aus Kapitel 6 bedarf es einer gemeinsamen Kollaborationsplattform, auf deren Basis die benötigten Geschäftsprozesse digital abgebildet und die Bauaufgaben transparent dargestellt werden können. Aus diesem Grund bietet die AEC-Softwareindustrie derzeit verschiedene Produkte an, um die unternehmensübergreifenden Prozesse zu optimieren. Die Notwendigkeit und auch die Anforderungen an eine gemeinsame BIM-Datenverwaltung wurden bereits in Kapitel 3 näher erläutert. In diesem Kapitel soll nun exemplarisch die Umsetzung von Szenario 1 aus Kapitel 6 mit verschiedenen Anbietern von BIM-basierten Kollaborationswerkzeugen erfolgen. Sämtliche Rahmenbedingungen gelten weiterhin.

### 7.1 Projektdaten

Für die nachfolgende Umsetzung des Anwendungsszenarios werden die von der Firma Kubus zur Verfügung gestellten Teilmodelle verwendet. Die Dateien stehen zum Download im IFC-Format 2x3 frei zugänglich zur Verfügung<sup>1</sup>. Für ein vertiefendes Verständnis der Zusammenhänge, können die verschiedenen BIM-Anwendungen damit in der jeweiligen Software nachvollzogen werden. Im Rahmen der Masterarbeit wurden das Architekturmodell, das Tragwerksmodell sowie das TGA-Modell verwendet (vgl. Abbildung Abb. 7.6).

Für eine einheitliche Verwaltung der Teilmodelle wurde eine einfache Dateinamenskennung gewählt, die beliebig erweitert werden kann.

#### ***Projekt\_Gewerk\_Leistungsphase\_Zone\_Revision.Format***

Die enthaltenen Eigenschaften werden für die Verwaltung der Modelle mit entsprechenden Abkürzungen in den Dateinamen aufgenommen.

#### ***MA\_STR\_8\_NB\_00.ifc***

Folgende Informationen können somit aus dem Dateinamen gelesen werden: MA (Masterarbeit), STR (Structure), 8 (Leistungsphase 8), NB (Neubau), 00 (noch keine Revision vorhanden), ifc (Industry Foundation Classes).

### 7.2 Umsetzung von Anwendungsfall 1 mit BIMcollab – Kubus

In Abschnitt 7.2 erfolgt die konkrete Umsetzung des beschriebenen Anwendungsfalles aus Abschnitt 6.2 mit der von der Firma Kubus angebotenen BCF-Cloud BIMcollab. Dazu wird zunächst das Workflow-Management auf der BIMcollab-Plattform vorgestellt. Anschließend wird das angedachte Szenario im Rahmen eines konkreten BIM-Workflows umgesetzt und die Umsetzbarkeit mit BIMcollab in einem abschließenden Fazit bewertet.

---

<sup>1</sup> <http://www.bimcollab.com/en/support/support/downloads/examples-templates#templatefiles>

### 7.2.1 Workflow-Management mit BIMcollab – Kubus

Im Rahmen eines IFC-Workflows erfolgt die modellbasierte Kommunikation über das BCF-Format. Durch das Erzeugen von BCFZIP-Dateien können Sachverhalte eindeutig erfasst und für deren Lösung transparent kommuniziert werden. Die Verknüpfung mit den dazugehörigen Bauteilen erfolgt durch den Zugriff auf deren eindeutige GUIDs der IFC-Datei. Es sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, dass mit dem BCF-Format keine Bauwerksmodelle übertragen werden, sondern lediglich Informationen dazu.

Die von der Firma Kubus angebotene BIMcollab-Plattform bietet die Möglichkeit, verschiedene Sachverhalte (engl. *Issue*), die während eines Bauprojekts entstehen, über das BCF-Format (vgl. Abschnitt 2.4.2) übersichtlich und konsistent zu verwalten, zu kommunizieren und zu lösen. Issues in BIMcollab sind direkt mit den dazugehörigen Objekten und Ansichtspunkten des entsprechenden BIM-Modells verknüpft und können entweder browserbasiert oder über eigene Softwareanwendungen eingesehen und bearbeitet werden.

The screenshot shows the 'Masterarbeit JR' issue management interface. At the top right, there are buttons for 'Neues Issue', 'Report', and a filter icon. Below these, a filter bar contains 'Alles zeigen', 'Alle offen', 'Offen für mich', and a 'Filter' dropdown menu. The main area displays a table of issues with columns for 'Aufnahme', 'Nr.', 'Titel', 'Verändert', 'Zugewiesen', 'Bereich', 'Meilenstein', 'Frist', 'Priorität', 'Typ', and 'Status'. Four issues are listed, each with a small thumbnail image and a status of 'Geschlossen'.

Aufnahme	Nr.	Titel	Verändert	Zugewiesen	Bereich	Meilenstein	Frist	Priorität	Typ	Status
	20	Änderung des Bauentwurfs gem. § 1 Abs. 3 VOB/B	16-03-2018	Max Muslermann	Model	Undecided	26-03-2018	Normal	Issue	Geschlossen
	18	Neue Aussparungen im OG	16-03-2018	Max Muslermann	Model	Objektüberwachu...	19-03-2018	Normal	Issue	Geschlossen
	14	Änderungswunsch des Kunden - zusätzliche Drehflügeltüre 2-flg	15-02-2018	Johannes Reichle	Model	Undecided	19-02-2018	Normal	Request	Geschlossen
	15	Änderungsantrag des Kunden - zusätzliche Drehflügeltüre 2-flg	20-02-2018	Johannes Reichle	Model	Undecided	19-02-2018	Normal	Request	Geschlossen

Abb. 7.1 Issue-Verwaltung in BIMcollab

Über eine entsprechende Filterfunktion (vgl. Abb. 7.1) können, auf Grundlage der verwendeten Issue-Eigenschaften, alle relevanten Themen schnell und einfach gefunden werden.

Die Kernaspekte eines konsistenten Issue-Managements sieht Kubus wie folgt:

Detaillierte Erfassung	Titel, Beschreibung, Ansichtspunkte, Bilder
Eindeutiger Status	offen, gelöst, geschlossen
Klare Verantwortlichkeiten	zugewiesen an, Zustimmung von
Dokumentierte Historie	Historienverlauf
Uneingeschränkter Zugriff	cloudbasiert
Effiziente Kommunikation	Kommentarfunktionen, Benachrichtigungen

Tabelle 7.1 Grundfunktionalitäten eines Issue-Managements (KUBUS, 2016)

Um einen Workflow anzustoßen, kann ein Issue auf unterschiedliche Art und Weise aufgenommen werden.

Eine erste Möglichkeit besteht darin, einen Issue direkt über eine vorgefertigte Eingabemaske in der BIMcollab-Plattform zu erzeugen.

Abb. 7.2 Standardisierte Eingabemaske zur Erfassung eines Issues mit BIMcollab

Eine weitere Option zur schnellen Erfassung eines bestimmten Sachverhalts, bietet Kubus durch die Bereitstellung kostenloser Plugins, sogenannter BCF-Manager, für die Softwareprodukteeigner Anbieter (vgl. Abbildung Abb. 7.3 & Abb. 7.4).



Abb. 7.3 BCF-Manager Plugin für das BIM-Managementprogramm Navisworks Manage der Firma Autodesk

Mit dem BCF-Manager können verschiedene Sachverhalte innerhalb der persönlichen Arbeitsumgebung erfasst, gefiltert und zugewiesene Issues rasch bewertet und bearbeitet werden. Nach dessen Bearbeitung kann der entsprechende Datensatz schließlich wieder mit der zentralen BIMcollab Plattform synchronisiert werden und den weiteren Projektteilnehmern zur Verfügung gestellt werden.

Zusätzlich können Issues auch noch über manuell erstellte BCF-, BCFZIP- oder CSV-Dateien in BIMcollab importiert werden.

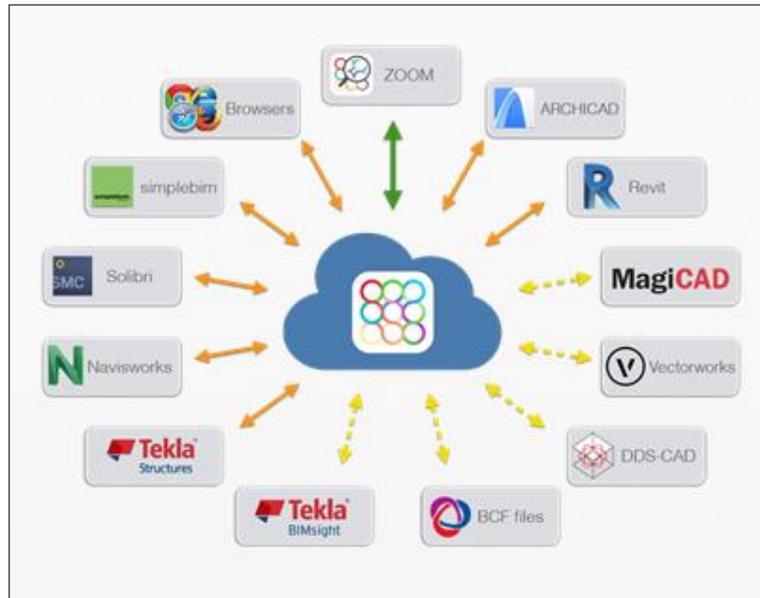


Abb. 7.4 BCF-Workflow im Rahmen eines Open-BIM Ansatzes (KUBUS, 2018)

Die Steuerung des Workflows erfolgt über das Setzen eines eindeutigen Status sowie die Zuweisung eines verantwortlichen Akteurs. Dabei spielt die Verwaltung von entsprechenden Rollen und Rechten eine wichtige Rolle.

Die Berechtigung, einzelne Issues einzusehen bzw. diese bearbeiten zu können, wird über die Zuweisung der einzelnen Projektteilnehmer in Rollen und Gruppen gesteuert, die von einem Projektadministrator verwaltet werden. Auf diese Art und Weise kann der Initiator eines Workflows bereits bei der Erfassung eines Issues festlegen, für welche Akteure der Datensatz auf der BIMcollab Plattform einsehbar bzw. editierbar sein wird. In Abhängigkeit der vergebenen Rollen wird folglich gesteuert, wer einen Sachverhalt bearbeiten oder auch nur einsehen kann.

Vorname	Nachname ▲	E-Mail	Unternehmen	Letzter Login	Team-Rolle	Gruppe(n)
Magdalena	Meier			22-01-2018	Redakteur	Design coordination
Max	Mustermann			13-03-2018	Redakteur	Construction management
Peter	Müller			13-03-2018	Redakteur	Electrical engineers
Johannes	Reichle			15-03-2018	Projektleiter	Quantity surveyors

Abb. 7.5 Teilnehmerverwaltung mit Rollen und Rechten in BIMcollab

Bei der Verwaltung der Bearbeitungs- und Einsichtsrechte handelt es sich jedoch lediglich um übergeordnete Rollen und Gruppen, die in der Regel mehr als einen Teilnehmer oder ein Unternehmen umfassen. Dementsprechend ist eine Zuweisung von expliziten Rollen und Rechten in Abhängigkeit der Vertragsbedingungen nur begrenzt möglich.

## 7.2.2 BIM-Workflow mit BIMcollab

### 1. Datenübergabe nach Planänderung gem. § 1 Abs. 3 VOB/B

Nachdem der verantwortliche Fachplaner auf Seiten des Bauherrn alle Änderungen und Ergänzungen im Zuge der Änderung des Bauentwurfs vorgenommen hat, muss er dem Generalunternehmer die Version 2 des entsprechenden Teilmodells zur Verfügung stellen.

Da es sich bei BIMcollab um eine reine BCF-Verwaltungsplattform handelt, ist ein entsprechendes BIM-Modellmanagement nicht möglich. Für den Austausch von IFC-Dateien gilt es also zusätzlich eine gemeinsame Dateiablage zur Verwaltung der Teilmodelle zu schaffen.



Abb. 7.6 Verwaltung der BIM-Teilmodelle

Wie der Codierung der Teilmodelle zu entnehmen ist, existiert für das Tragwerksmodell eine neue Modellversion, in der der verantwortliche Fachplaner seine Änderungen und Ergänzungen vorgenommen hat. Diese muss er dem beauftragten GU zur Verfügung zu stellen.

Die Art und Weise wie ein Issue auf Grundlage des Teilmodells erfasst wird bleibt beim Arbeiten mit BIMcollab grundsätzlich dem jeweiligen Autor vorbehalten (vgl. Abschnitt 7.2.1). In diesem Beispielszenario wird davon ausgegangen, dass auf Seiten des Bauherrn mit der BIM-Modellierungssoftware Revit Architecture der Firma Autodesk gearbeitet wird. Gemäß § 1 Abs. 3 VOB/B ordnet der Bauherr den Einbau der zusätzlichen Stahlträger HEA180 an. Um dem GU diesen Tatbestand mitzuteilen, erstellt die Projektsteuerung des Bauherrn über den BCF-Manager in Revit einen neuen Issue in Form eines Änderungsantrags. Dazu muss zunächst eine Verbindung zwischen dem BCF-Manager und BIMcollab hergestellt werden.

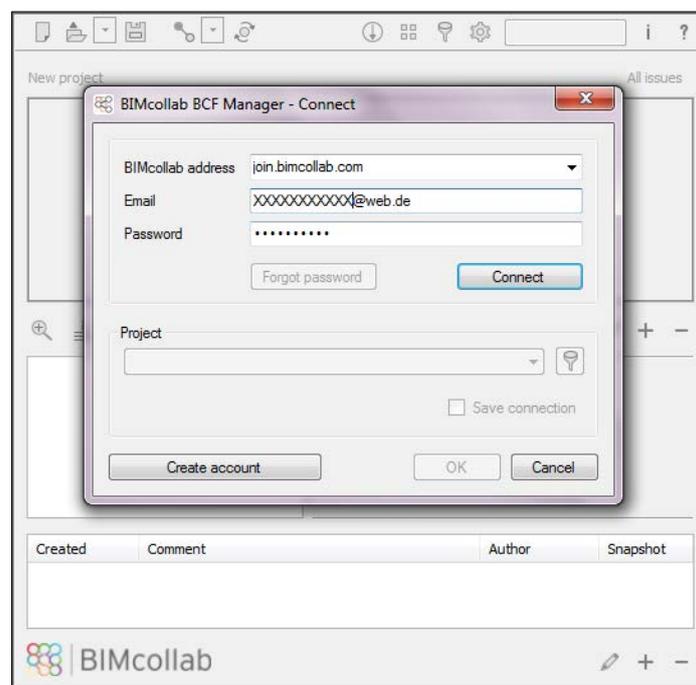


Abb. 7.7 Verbindungsaufbau zwischen dem BCF-Manager in Revit und BIMcollab

Nach der Anmeldung kann mit der Erfassung des Issues begonnen werden.

The screenshot shows the BCF-Manager input mask for creating an issue. The form includes the following fields and values:

- Title: Änderung des Bauentwurfs gemäß VOB/B § 1 Abs. 3
- Type: Issue
- Area: Model
- Milestone: Objektüberwachung
- Labels: Structure
- Priority: Normal
- Assigned: Max Mustermann (highlighted with a red box)
- Deadline: 23-03-2018
- Approval: Johannes Reichle
- Visible for: Mein Unternehmen (highlighted with a red box)
- Description: Zusätzliche Träger HEA180 nach Änderung der Nutzlast im 2. OG
- Comment: Sehr geehrter Herr Mustermann, gem. § 1 Abs. 3 VOB/B wird der Einbau zusätzlicher HEA180 Träger im 2. OG des Bürogebäudes angeordnet. Die Änderung des Bauentwurfs erfolgt auf Grund einer Nutzungsänderung im 2. OG. Auf Grund dessen wird eine höhere Nutzlast angesetzt und das Trägersystem muss entsprechend angepasst werden. Das aktualisierte Tragwerksmodell steht Ihnen im gemeinsamen Datenraum zur Verfügung. Mit freundlichen Grüßen, Johannes Reichle
- Notify: (empty)
- Components in viewpoint: Visible
- Save selection as selected components:

Abb. 7.8 Eingabemaske des BCF-Managers zur Erfassung eines Issues

In einer standardisierten Eingabemaske können alle wesentlichen Informationen und Eigenschaften für die weitere Bearbeitung der Änderung des Bauentwurfs aufgenommen werden. Neben dem eigenen Unternehmen wird der Issue lediglich für den zugewiesenen Bearbeiter (in diesem Fall Herr Max Mustermann als Projektleiter des GU) einsehbar sein. Um die Kommunikation an dieser Stelle ausschließlich zwischen BH und GU ablaufen zu lassen, muss die Einstellung zur Steuerung der Einsichtsrechte auf diese Weise erfolgen, da eine weitere Detaillierung der Rollen und Rechte (z.B. „alle Projektleiter des Generalunternehmers“) nicht möglich ist. Der Issue ist nun in der eigenen Arbeitsumgebung erfasst und muss mit BIMcollab synchronisiert werden.

The screenshot shows the BIMcollab interface with a table of issues and a 3D model view. The table lists the following issue:

Nr	Modified	Title	Assigned to	Status	Action
21	16-03-2018	Änderung des Bauentwurfs gem...	Max Mustermann	Active	

The 3D model view shows the issue details and a 3D model of the building structure. The details include:

- Änderung des Bauentwurfs gemäß § 1 Abs. 3 VOB/B
- Zusätzliche Träger HEA180 Nach Änderung der Nutzlast im 2. OG
- Max Mustermann
- Active, Issue, Normal
- Model
- Objektüberwachung, 23-03-2018
- Structure

Abb. 7.9 Synchronisierung des Issues mit BIMcollab

Der Anhang eines Änderungsantrags im PDF-Format ist derzeit noch nicht möglich, wird jedoch in absehbarer Zeit möglich sein (KUBUS, 2018).

## 2. Prüfen und Bewerten der Planänderung

Neben einer E-Mailbenachrichtigung wird der verantwortliche Projektteilnehmer auch über seinen persönlichen Zugriff auf BIMcollab über den ihm zugewiesenen Sachverhalt informiert.

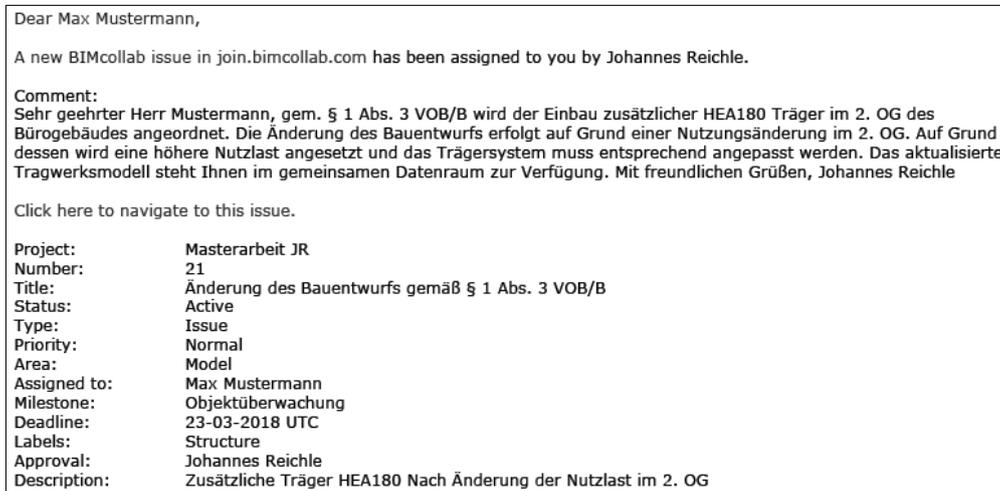


Abb. 7.10 E-Mailbenachrichtigung über die Zuweisung eines Issues in BIMcollab

Um die entsprechenden Änderungen visualisieren und bewerten zu können, muss der AN zunächst die aktualisierten Teilmodelle aus dem gemeinsamen Datenraum in seine persönliche Arbeitsumgebung importieren. Im weiteren Verlauf des Anwendungsszenarios wird angenommen, dass der GU mit der BIM-Managementsoftware Navisworks Manage der Firma Autodesk arbeitet. In einem ersten Schritt öffnet der GU das aktualisierte Teilmodell in seiner Softwareumgebung. Durch die 3D-Darstellung des Gebäudes können offensichtliche Änderungen bereits jetzt per Auge erkannt werden.

In großen Schlüsselfertigbauprojekten können Änderungen jedoch auch im Detail stecken und sind nur schwer auffindbar. Hier kommt der große Vorteil des BCF-Formats zum Tragen. Durch den direkten Verweis auf die IFC-GUIDs der ausgewählten Bauteile und die Speicherung der Kameraposition bei der Erfassung des Issues, können auch konstruktive Details und der dazugehörige Sachverhalt umgehend identifiziert werden.

Um die BCF-Files nicht ständig manuell exportieren und wieder importieren zu müssen, bietet das zuvor bereits erwähnte BCF-Manager Plugin eine exzellente Schnittstelle zwischen der anwenderspezifischen Softwareumgebung und der BIMcollab Plattform. Über eine Filterfunktion des BCF-Managers können alle relevanten Issues schnell und unkompliziert in die eigene Arbeitsumgebung importiert werden.

Abb. 7.11 Filterfunktion des BCF-Managers

Über den BCF-Manager erhält der GU schließlich eine Auflistung aller für ihn relevanten Issues.

Masterarbeit JR			'Active' or 'Resolved' issues assigned to 'Ma...		
Nr	Modified	Title	Assigned to	Status	Action
18	13-03-2018	Neue Aussparungen im OG	Max Mustermann	Active	
20	15-03-2018	Änderung des Bauentwurfs gem. § ...	Max Mustermann	Active	

Abb. 7.12 Import von Issues aus BIMcollab in die eigene Arbeitsumgebung

Für Softwareapplikationen ohne bestehenden BCF-Manager gibt es zusätzlich auch die Option, die BCF-Files manuell zu exportieren und in eine persönliche Softwareanwendung, die das BCF-Format unterstützt, zu importieren.

Abb. 7.13 Manueller BCF-Export aus BIMcollab

Durch einen einfachen Doppelklick auf den beigefügten Ansichtspunkt, gelangt der GU direkt zu den zusätzlichen Bauteilen.

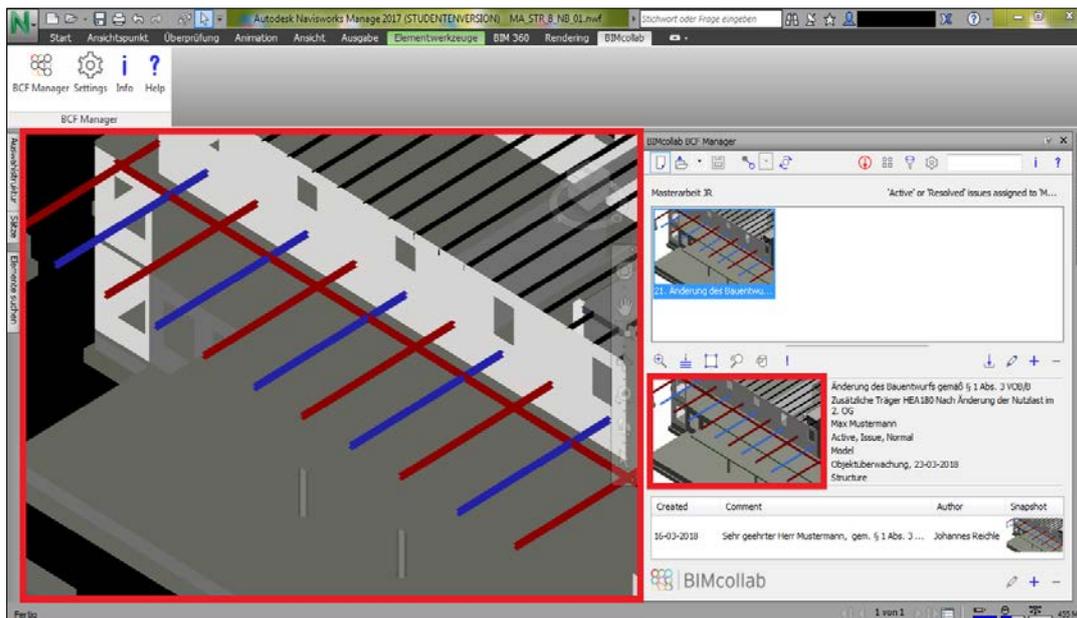


Abb. 7.14 Lokalisieren von Issues im 3D-Modell

Ein Revisionsvergleich des alten und des aktuellen Tragwerksmodells macht die Unterschiede in der Geometrie und der Attribuierung (teil-)automatisiert zusätzlich sichtbar.

Auf dieser Grundlage kann der GU entscheiden, in welchen Tätigkeitsbereich die Änderung des Bauentwurfs fällt. Sollte er beispielsweise den Einbau der Stahlträger an einen Subunternehmer vergeben haben, muss er diesen umgehend über die Änderung des Bauentwurfs informieren.

### 3. Information des Nachunternehmers

Geht man davon aus, dass der Generalunternehmer den Einbau der Träger an einen Nachunternehmer vergeben hat, muss er die entsprechende Firma mit in den Workflow einbeziehen. Auf welche Art und Weise dies geschieht, wird mitunter von den gegebenen Vertragsbeziehungen der einzelnen Projektteilnehmer abhängen. In diesem Anwendungsszenario wird unterstellt, dass der NU einzig mit dem GU in ein Vertragsverhältnis eingetreten ist. Dementsprechend wird der Informationsaustausch auch nur zwischen diesen beiden Parteien stattfinden.

Um die Einsichtsrechte aller Parteien zu wahren, muss der GU somit einen neuen Issue mit allen nötigen Informationen für den NU erfassen. Der GU könnte zwar auch den verantwortlichen NU als nächsten Bearbeiter festlegen und ihn somit mit in den Workflow einbeziehen, würde dem Bauherrn jedoch weiterhin Einsicht in die fortlaufende Kommunikation gewähren. An dieser Stelle wäre es äußerst zeitsparend, wenn es möglich wäre den vom BH initialisierten Issue in die Kommunikation zwischen GU und NU (teil-)automatisiert überführen zu können.

Wie der GU den Issue zur Beauftragung des NU erfasst, bleibt wiederum ihm selbst überlassen (vgl. Abschnitt 7.2.1). Das aktualisierte Modell steht dem NU genau wie dem GU im gemeinsamen Datenraum zur Verfügung.

#### 4. Leistungsabweichung erkennen und bewerten

Schritt 4 ist im eigentlichen Sinne nicht Teil eines BIM-Kollaborationswerkzeugs. Sämtliche BIM-Anwendungen erfolgen in der persönlichen Arbeitsumgebung des Bearbeiters. Inwieweit der AN (GU/NU) das Potential der BIM-Methodik in diesem Schritt ausschöpft, hängt auch von dessen Erfahrung und Expertise mit BIM ab. Die potentiellen Einsatzmöglichkeiten können Tabelle 6.1 entnommen werden.

Liegt aus Sicht des AN eine Leistungsabweichung vor, kann er darauf aufbauend verschiedene BIM-Anwendungen nutzen, um ein prüfbares Nachtragsangebot zu erstellen.

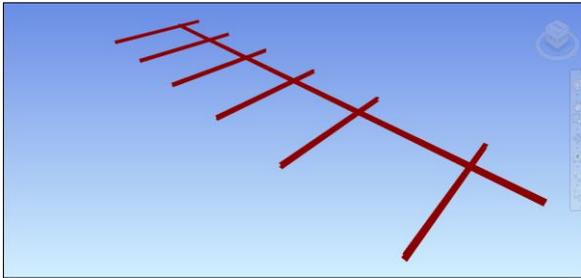


Abb. 7.15 Ursprüngliches Trägersystem

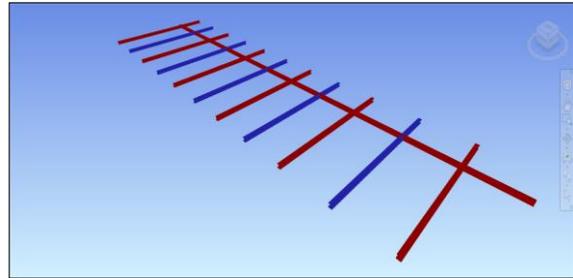


Abb. 7.16 Trägersystem nach Änderung des Bauentwurfs

Auf Grundlage der neuen Daten und Informationen erfolgt eine kalkulatorische Neubewertung hinsichtlich Kosten und Terminen unter Berücksichtigung aller Auswirkungen der Leistungsänderung, wie z.B. dem erhöhten Aufwand zum Verlegen der HEA 180 Träger. Die Mehr- und Minderkosten werden auf Basis der Urkalkulation innerhalb eines Nachtrags systemunterstützt zusammengefasst.

Das Screenshot zeigt die Autodesk Navisworks Manage Software in der Quantification-Arbeitsmappe. Die obere Ansicht zeigt ein 3D-Modell eines Gebäudes mit farbigen Balken (blau, grün, rot), die die Trägerstruktur darstellen. Die untere Ansicht zeigt die Quantification-Arbeitsmappe mit einer Tabelle der Elemente und deren Eigenschaften.

Elemente	WBS	Status	WBS/RBS	Name	Länge	Gewicht	Anzahl
Arbeitskalkulation	1						
Rohbau	1.1						
HEA Träger 180x171(13)	1.1.1						
Nachträge	1.2						
HEA Träger 180x171(10)	1.2.1						
				HEA Träger 180x171	34,700 m	1.263,080 kg	10,000 ea
				HEA180 180 x 171 56472:H	286,38 EUR	5,200 m	189,280 kg
				HEA180 180 x 171 56555:H	95,83 EUR	1,740 m	63,336 kg
				HEA180 180 x 171+HEA180	286,38 EUR	5,200 m	189,280 kg
				HEA180 180 x 171 56472:H	95,83 EUR	1,740 m	63,336 kg

Abb. 7.17 Teilautomatisierte Mengenermittlung für die Nachtragerstellung mit Autodesk Navisworks Manage

Durch eine entsprechende Visualisierungsregel (in diesem Beispiel grün, vgl. Abb. 7.17), lassen sich die durch die Leistungsänderung entstehenden Mehrmengen anschaulich darstellen.

Auswirkungen auf die Bauzeit lassen sich ebenfalls direkt über das Modell abbilden.

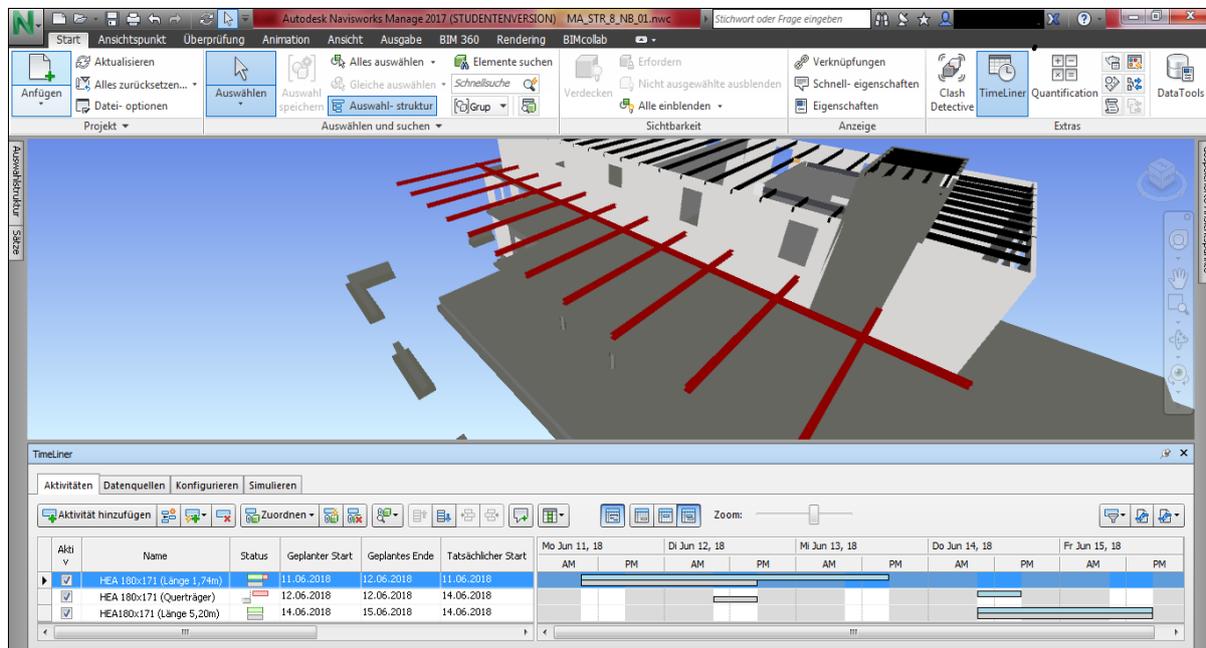


Abb. 7.18 Verknüpfung des Modells mit einem Grobterminplan

Da die BIMcollab Plattform, wie zuvor bereits erwähnt, lediglich zur konsistenten Verwaltung der BCF-Files dient, bedarf es für den Austausch der entsprechenden Datenformate wie z.B. CPIXML oder GAEB im Rahmen eines Nachtragsangebotes einen weiteren gemeinsam genutzten Datenraum.

## 5. Nachtragscontrolling

Über eine weitere Kommentierung des ursprünglichen BCF-Files erhält der AG (BH/GU) eine Nachricht über den Eingang des Nachtragsangebots in BIMcollab. Zur Prüfung des Nachtragsangebotes auf Plausibilität, müssen die nun vorliegenden Daten aus einem parallel genutzten gemeinsamen Projektraum in die eigene Systemumgebung importiert werden. Die 5D-Modelle können nun zum Variantenvergleich und zur Berechnung der Mehr- und Mindermengen sowie der Kosten des Nachtragsangebotes genutzt werden.

Geht man schließlich von einer Einigung beider Parteien aus, erfolgt die Beauftragung des Nachtrags und die Freigabe des Issues. Zusätzlich muss eine Integration der geänderten Fachmodelle in die Unterlagen der Ausführungsplanung erfolgen, um die digitalen Vertragsbestandteile fortzuschreiben.

### 7.2.3 Fazit zur Umsetzung mit BIMcollab

BIMcollab bietet eine effiziente Lösung für ein unternehmensübergreifendes Issue-Management und kann somit die Zusammenarbeit der am Entstehungsprozess eines Gebäudes beteiligten Akteure deutlich verbessern. Durch die kostenlos zur Verfügung gestellten BCF-Manager Plugins liefert Kubus eine reibungslose Schnittstelle zwischen den

diversen Softwareanwendungen der Projektteilnehmer und der BIMcollab Plattform zum Erfassen, Filtern, Lösen und Verteilen bestimmter Sachverhalte. Die BCF-Issues enthalten dabei alle relevanten Informationen sowie eine detaillierte Beschreibung und machen eine Kommunikation anhand des 3D-Modells möglich. Durch den ebenfalls kostenlos zur Verfügung gestellten BIM-Viewer BIMcollab ZOOM mit integriertem BCF-Manager können auch Firmen ohne eigene BIM-Software problemlos in den Workflow mit eingebunden werden. Eine entsprechende Anpassung bzw. Ergänzung sowie die Nutzung eines 3D-Modells für unternehmensinterne Folgeprozesse zur vollen Ausschöpfung der BIM-Potentiale bleibt selbstverständlich Firmen mit den dazu notwendigen Folgeapplikationen vorbehalten. Im Rahmen eines effizienten Änderungsmanagements stellt die doppelte Erfassung der Issues mit BIMcollab dagegen einen kritischen Punkt dar. Dies ist notwendig, um die Einsichts- und Bearbeitungsrechte aller Teilnehmer zu wahren. Für den GU wäre es deutlich zeitsparender, wenn er den ursprünglichen Issue einem NU zuweisen könnte, ohne dass der weitere Verlauf des Informationsaustausches bauherrenseitig einsehbar bleibt. Gerade im Hinblick auf ein schlüsselfertiges Bauvorhaben, in dem regelmäßig eine Vielzahl von Issues zwischen unterschiedlichen Projektteilnehmern koordiniert werden muss, spielt dieser Umstand eine entscheidende Rolle.

Da BIMcollab neben der Verwaltung der BCF-Issues keine Möglichkeit eines Modell- und Dokumentenmanagements bietet, muss parallel dazu ein zusätzlicher gemeinsamer Datenraum für die ganzheitliche Abwicklung einer Planungsänderung eingerichtet werden.

Für einen VOB/B-konformen Workflow wird es in Zukunft zusätzlich möglich sein, PDF-Files mit in einen BCF-Issue zu integrieren (KUBUS, 2018).

### 7.3 Umsetzung von Anwendungsfall 1 mit Autodesk BIM360

Für die Umsetzung von Anwendungsfall 1 mit dem BIM-Kollaborationswerkzeug BIM360 der Firma Autodesk werden zunächst die wichtigsten Funktionalitäten der Software zur Verwaltung eines Workflows vorgestellt. Neben der Implementierung des Workflows mit BIM360 erfolgt wiederum eine Bewertung der Machbarkeit im Rahmen der Produktlösungen von Autodesk.

#### 7.3.1 Workflow-Management mit Autodesk BIM360

Das BIM-Kollaborationswerkzeug BIM 360 der Firma Autodesk bietet verschiedene Produktanwendungen, die in Abhängigkeit von den eigenen BIM-Zielen und den daraus resultierenden Anwendungsfällen ausgewählt werden müssen. Die Umsetzung von Szenario1 erfolgt in Kombination der beiden Produkte BIM 360 Glue und BIM 360 Field.

BIM 360 Glue bietet eine cloudbasierte Plattform für ein unternehmensübergreifendes BIM-Modellmanagement. Die verschiedenen Teilmodelle der beteiligten Gewerke können in über 50 verschiedenen Dateiformaten zusammengeführt, visualisiert, überprüft und diskutiert werden.

Eine ideale Erweiterung für ein konsistentes und übersichtliches Issue-Management auf Grundlage der 3D-Modelle, bietet die BIM 360 Field Plattform. Die unterschiedlichen, während der Entstehung eines Gebäudes auftretenden Sachverhalte, können erfasst (auch mobil), verwaltet, bearbeitet und gelöst werden. Beide Produktanwendungen sind eigenständige Lösungen. Das volle BIM-Potential lässt sich jedoch nur in Kombination beider

Produkte ausschöpfen. Beide Anwendungen sind jederzeit über einen Internetbrowser erreichbar und müssen nicht extra installiert werden. Für BIM 360 Glue existiert zusätzlich eine Desktop-App.

Die Initialisierung eines Workflows erfolgt über eine digitale Eingabemaske im Modul für das Issue-Management auf der BIM 360 Field Plattform.

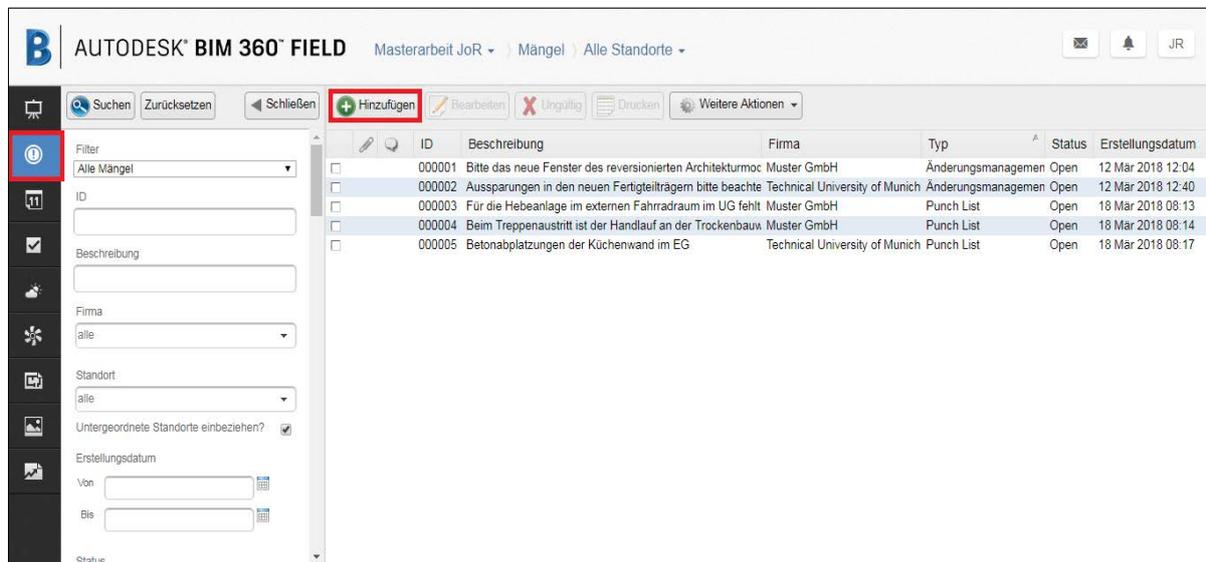


Abb. 7.19 Modul für das Issue-Management mit BIM 360 Field

**Neuen Mangel hinzufügen** Speichern Schließen

Details

**Mängeltyp** Änderungsmanagement

\* Mangel-ID

\* Beschreibung

Fehlerursache

Firma

Status

Fälligkeitsdatum

Standort

Standortdetails

Abb. 7.20 Standardisierte Eingabemaske zur Erfassung eines Issues mit BIM 360 Field

Die Übersetzung des englischen Begriffs *Issue* hat Autodesk mit dem deutschen Begriff *Mangel* gelöst, was anfangs ein wenig irreführend ist, da mit dem Modul für das Issue-Management nicht nur bauliche Mängel, sondern jedweder Typ eines Issues bearbeitet werden kann. Issue bedeutet demnach viel mehr das Auftreten eines bestimmten Sachverhaltes, der mit allen verantwortlichen Akteuren gemeinschaftlich bearbeitet und

gelöst werden muss. Eine Übersetzung mit dem deutschen Begriff „Arbeitsprozesse“ wäre daher z.B. geeigneter. Da im deutschen Sprachraum jedoch noch keine einheitliche Übersetzung dafür existiert, spricht man häufig auch von „Workflow-Management“.

Wie Abb. 7.20 zu entnehmen ist, können in BIM 360 Field verschiedene Typen von Issues erfasst werden. In einem dafür vorgesehenen Konfigurationsmanagement können zusätzlich individuelle Typen von Issues geschaffen werden. Auch die Eigenschaften zur Erfassung und Beschreibung des jeweiligen Issues können individuell angepasst oder entsprechend ergänzt werden. Neben den standardisierten Eingabemasken zur Bearbeitung eines Issues, können somit auch unternehmensspezifische Lösungen erstellt werden. Für die Umsetzung von Szenario 1 wurde der Issue-Typ „Änderungsmanagement“, mit einigen zusätzlichen Issue-Eigenschaften, angelegt.

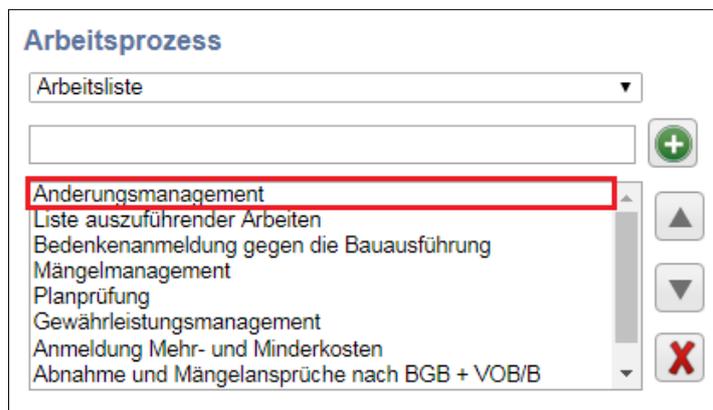


Abb. 7.21 Erstellen individueller Issue-Typen mit BIM 360 Field

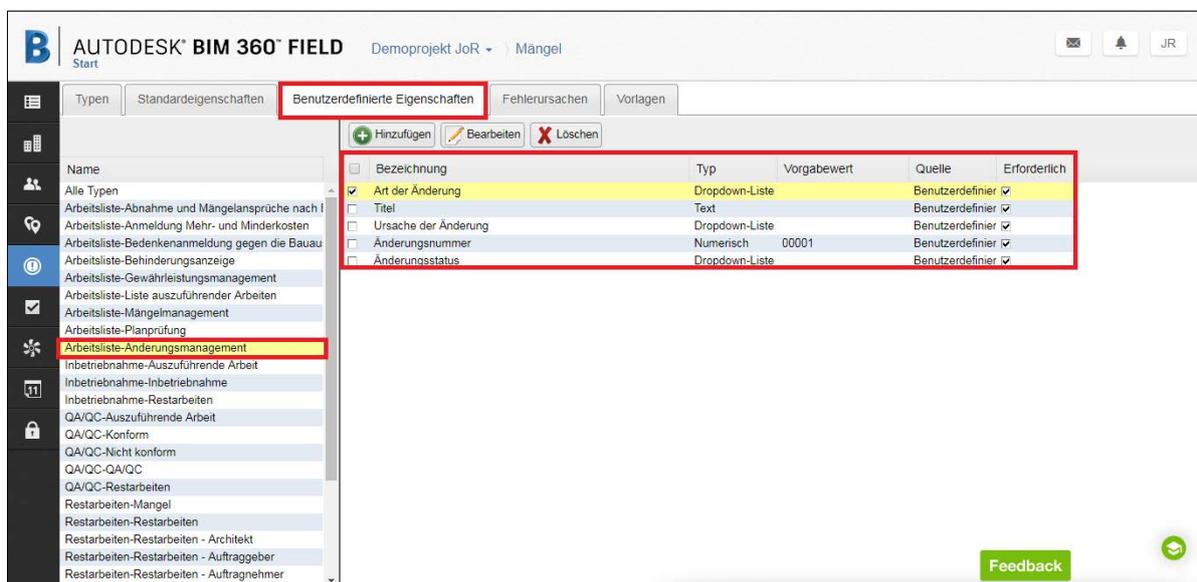


Abb. 7.22 Konfigurationsmanagement zur Erzeugung individueller Eigenschaften zur Beschreibung des Issues

Für die Erstellung der benutzerdefinierten Eigenschaften stehen wiederum Eigenschaftstypen bereiten.

**Benutzerdefinierte Eigenschaft hinzufügen** Eigenschaft hinzufügen Abbrechen

\* = erforderlich

**Anmerkung:** Bezeichnungen mit mehr als 40 Zeichen können in Berichten abgeschnitten werden.

\* Bezeichnung

**Typ**  ▼

- Text
- Datum
- Unterschrift
- Numerisch
- Kontrollkästchen
- Dropdown-Liste

Vorgabewert

Erforderlich

Abb. 7.23 Auswahl des Eigenschaftstyps

Der gewählte Eigenschaftstyp kann schließlich mit den benutzerdefinierten Werten belegt werden.

**Benutzerdefinierte Eigenschaften bearbeiten** Änderungen speichern Abbrechen

**Anmerkung:** Bezeichnungen mit mehr als 40 Zeichen können in Berichten abgeschnitten werden.

\* Bezeichnung

Typ kann nicht geändert werden, nachdem eine benutzerdefinierte Eigenschaft erstellt wurde.

Typ

Liste der Optionen  +

- <leer>
- in Planung
- in Bearbeitung
- Überarbeitung nötig
- freigegeben
- abgewiesen

Vorgabewert

Erforderlich

Abb. 7.24 Festlegen benutzerdefinierter Eigenschaftswerte

Über einen zusätzlichen Änderungsstatus mit individuellen Werten kann der Ablauf des Workflows neben der Zuweisung des verantwortlichen Bearbeiters individuell gesteuert werden. Bevor der Initiator eines Issues ein Partnerunternehmen als verantwortlichen Bearbeiter zuweist, kann er beispielsweise den Workflow zu Beginn lediglich unternehmensintern anstoßen, indem er den Status zunächst auf „in Planung“ setzt.

Für die Abwicklung einer BIM-basierten Leistungsänderung innerhalb eines gewerkübergreifenden Änderungsmanagements, könnte die Eingabemaske wie folgt aussehen.

The screenshot shows a form titled "Neuen Mangel hinzufügen" with a "Speichern" (Save) and "Schließen" (Close) button. The form fields are as follows:

Mängeltyp	Änderungsmanagement
* Mangel-ID	<Neu>
* Beschreibung	Sehr geehrter Herr Mustermann, gem. § 1 Abs. 3 VOB/B wird der Einbau zusätzlicher HEA180 Träger im 2. OG des Bürogebäudes angeordnet. Die Änderung des Bauentwurfs erfolgt auf Grund einer
Firma	Muster GmbH
Status	Offen
Fälligkeitsdatum	23. Mär 2018
Standort	
* Änderungsnummer	00001
* Änderungsstatus	freigegeben
* Art der Änderung	Planungsänderung
* Titel	Änderung des Bauentwurfs gemäß § 1 Abs. 3 VOB/B
* Ursache der Änderung	Kundenwunsch

Abb. 7.25 Anstoßen eines Workflows mit individueller Eingabemaske

Einsichts- und Bearbeitungsrechte können von Projektadministratoren im Konfigurationsmanagement von BIM 360 Field verwaltet werden. In Abhängigkeit der klassischen Rollenbilder „Auftragnehmer“, „Auftraggeber“, „Architekt“, „Ingenieur“, „Inspektor“ und „Subunternehmer“ können die verschiedenen Berechtigungen „Ansicht + Hinzufügen + Bearbeiten“, „Ansicht + Hinzufügen“, „Ansicht“ und „Keine“ für die einzelnen Module von BIM 360 Field vergeben werden. Weiterführende Einsichts- und Bearbeitungsrechte für einzelne Issue-Typen, wie das Änderungsmanagement, sind nicht möglich. Wie bereits zuvor mit BIMcollab, ist die Verwaltung der Rollen und Rechte auch mit BIM 360 Field nicht detailliert genug, um die notwendigen Geschäftsprozesse hinreichend abbilden zu können. So wird die Rolle „Subunternehmer“ mit Sicherheit mehr als ein Unternehmen beinhalten und kann nicht pauschal eingeschränkt werden. Um die komplexen Beziehungen und die damit verbundenen Einsichts- und Bearbeitungsrechte eines Schlüsselfertigbauprojekts berücksichtigen zu können, reichen die Möglichkeiten zur Einstellung von Berechtigungen somit bei Weitem nicht aus.

### 7.3.2 BIM-Workflow mit BIM 360 Glue + Field

#### 1. Datenübergabe nach Planänderung gem. § 1 Abs. 3 VOB/B

Nachdem alle notwendigen Änderungen auf Seiten des Bauherrn erfolgt sind, wird das versionierte Tragwerksmodell dem GU im gemeinsam genutzten Datenraum für das Modellmanagement, BIM 360 Glue, zur Verfügung gestellt. Die Dateiablage erfolgt in einfachen Ordnerstrukturen.

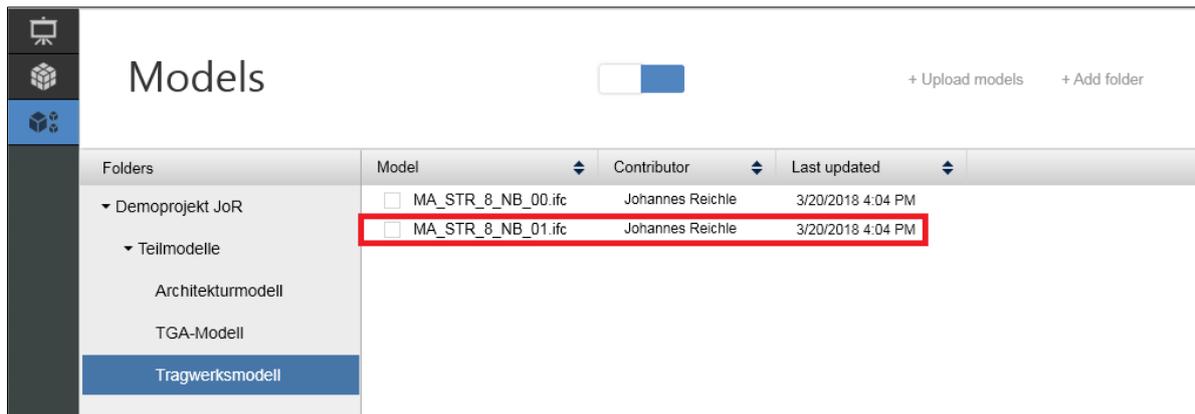


Abb. 7.26 BIM-Modellmanagement mit BIM 360 Glue

Die getätigten Änderungen können im integrierten BIM-Viewer als Ansichtspunkt gespeichert und mit einer Nachricht direkt an den GU übermittelt werden.

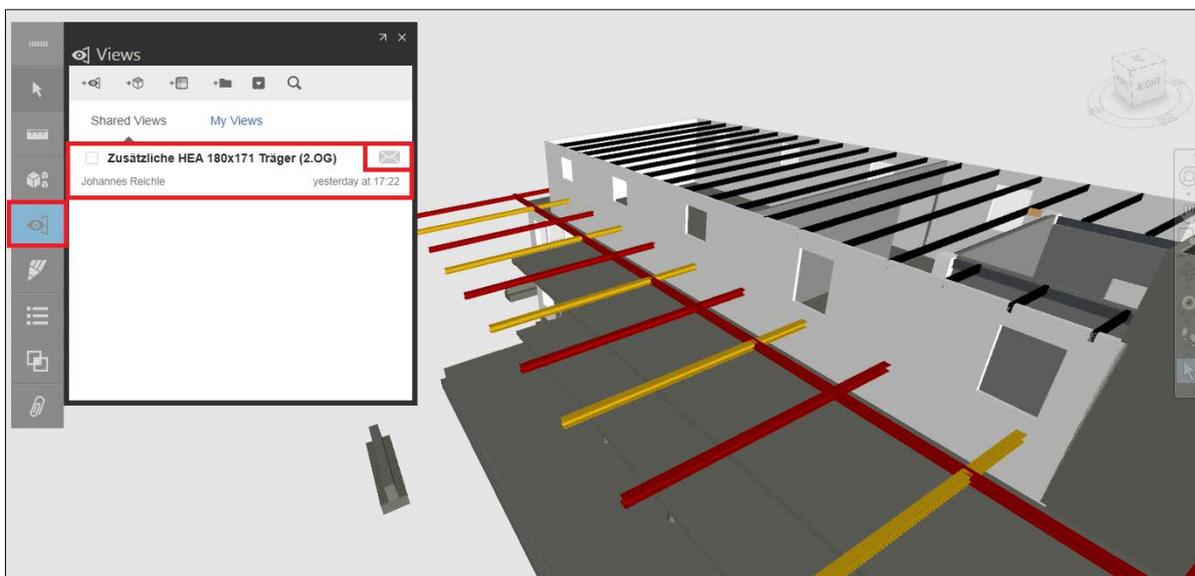


Abb. 7.27 Gespeicherter Viewpoint des vorliegenden Sachverhalts in BIM 360 Glue

Durch einen einfachen Doppelklick auf den gespeicherten Ansichtspunkt gelangt der GU direkt zur Auswahl der zusätzlichen HEA 180x171 Träger. Ansichtspunkte können jedoch nicht in einen Issue übernommen werden.

Zu diesem Zeitpunkt hat man bereits einen ersten Eindruck der vorgenommenen Änderungen. Um die Änderung des Bauentwurfs jedoch konsistent und transparent abwickeln und nachvollziehen zu können, bedarf es zusätzlich mindestens eines genauen Status des Issues, klarer Verantwortlichkeiten sowie einer eindeutigen Historie. Daher kommt an dieser Stelle neben BIM 360 Glue auch die Field-Anwendung zum Einsatz.

Um die Änderung des Bauentwurfs gemäß § 1 Abs. 3 VOB/B auf Grundlage des 3D-Modells ablaufen zu lassen, muss der Bauherr zunächst eine Verknüpfung des geänderten Bauteils mit BIM 360 Field herstellen. Dazu erzeugt er in BIM 360 Glue zunächst ein sogenanntes *Equipment Set*, zu dt. eine *Auswahl von Objekten*. Equipment Sets können aus einem einzelnen oder aus mehreren gleichartigen Bauteilen bestehen. Die Generierung eines

Equipment Sets aus einer manuellen Auswahl mehrerer Objekte, also beispielsweise der expliziten Auswahl der zusätzlichen Träger, ist nicht möglich, da bei der Erstellung eines Sets stets auf die Eigenschaften der zugrundeliegenden IFC-Datei des Objektes zurückgegriffen wird. Um also ausschließlich die zusätzlichen HEA 180x171 Träger in einem Equipment Set zusammenfassen zu können, müsste bei deren Modellierung eine zusätzliche Eigenschaft erzeugt und exportiert werden, die lediglich den neuen Trägern zu eigen ist.

Die einzelnen Objekte eines solchen Sets können später in BIM 360 Field eindeutig mit einem bestimmten Issue verknüpft werden.

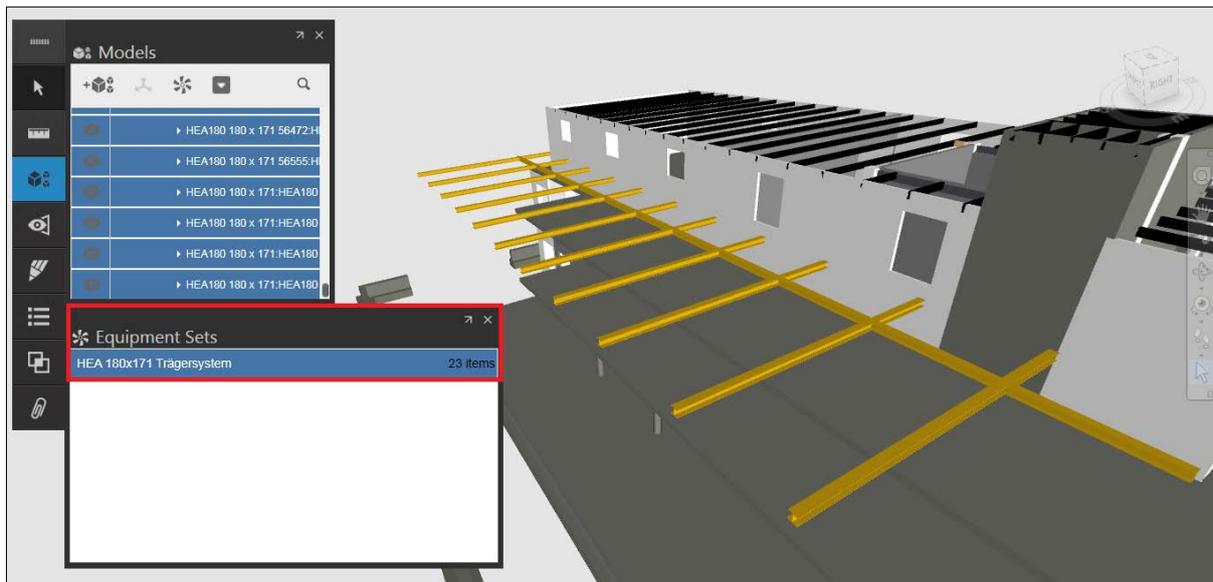


Abb. 7.28 Equipment Set des HEA Trägersystems

Das Modell kann schließlich mit BIM 360 Field verknüpft werden.

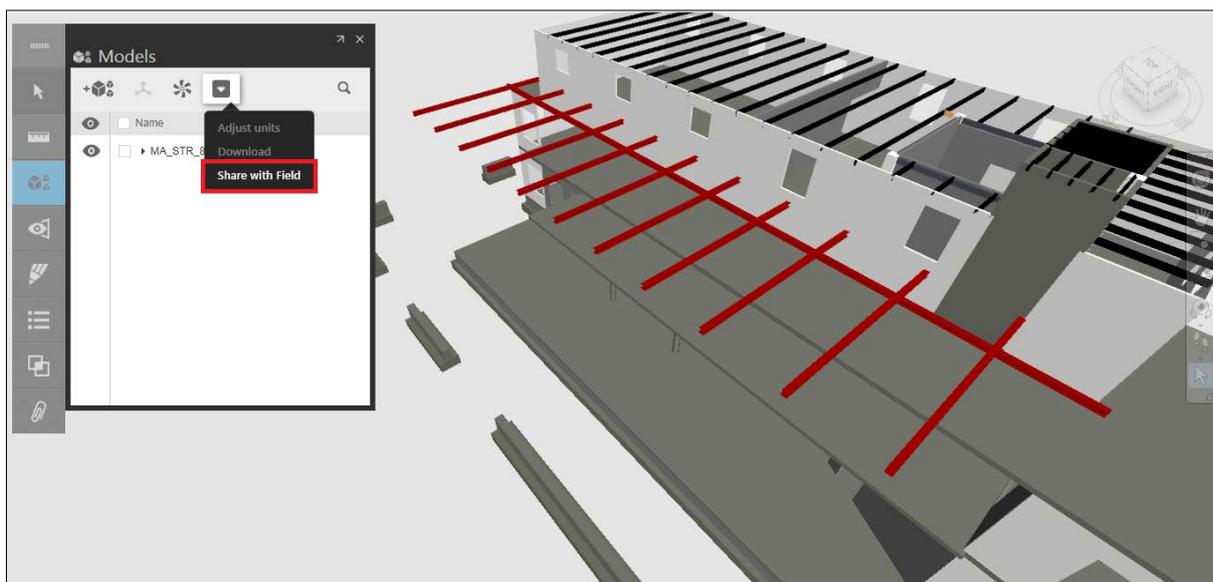


Abb. 7.29 Synchronisierung von BIM 360 Glue & Field

Nach dem erfolgreichen Export des Modells muss bauherrenseitig schließlich noch festgelegt werden, welche Eigenschaften aus der Field Anwendung mit dem erzeugten

Equipment Set verknüpft werden sollen. Zuerst muss dafür das benötigte Equipment Set ausgewählt werden. Es sei darauf hingewiesen, dass an dieser Stelle mit BIM 360 Field weitergearbeitet wird.



Abb. 7.30 Auswahl des benötigten Equipment Sets

Im zweiten Schritt muss ein passender Objekttyp für die Objekte des Sets gewählt werden. Diese können wiederum individuell erzeugt werden.

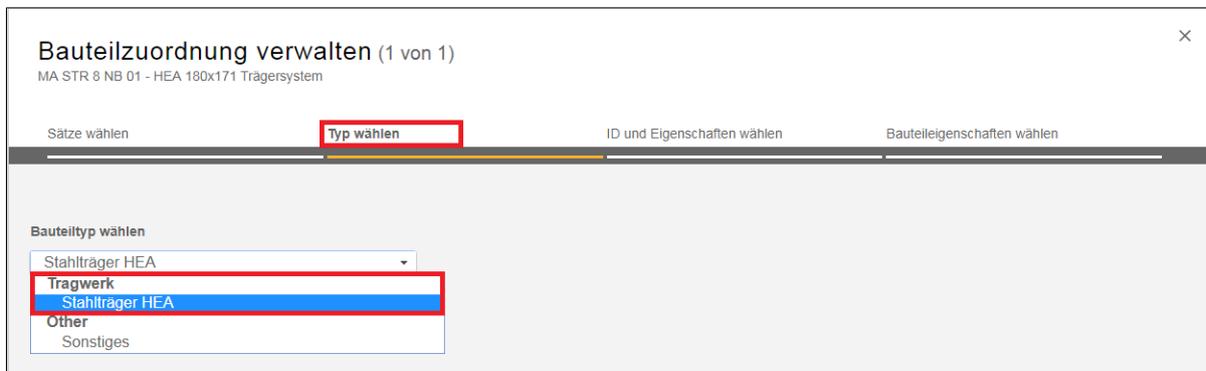


Abb. 7.31 Auswahl eines Objekttypen

Als nächstes muss der Objektidentifikator gewählt werden. Die einfachste Möglichkeit besteht in einem Verweis auf das Bauteil durch dessen eindeutigen GUID der IFC-Datei.



Abb. 7.32 Wahl des Objektidentifikators

Im letzten Schritt werden schließlich die eigentlichen Field-Eigenschaften ausgewählt, die mit dem Bauteil in BIM 360 Glue verknüpft werden sollen. Neben vordefinierten Eigenschaften, können auch unternehmensspezifische Eigenschaften erstellt werden.

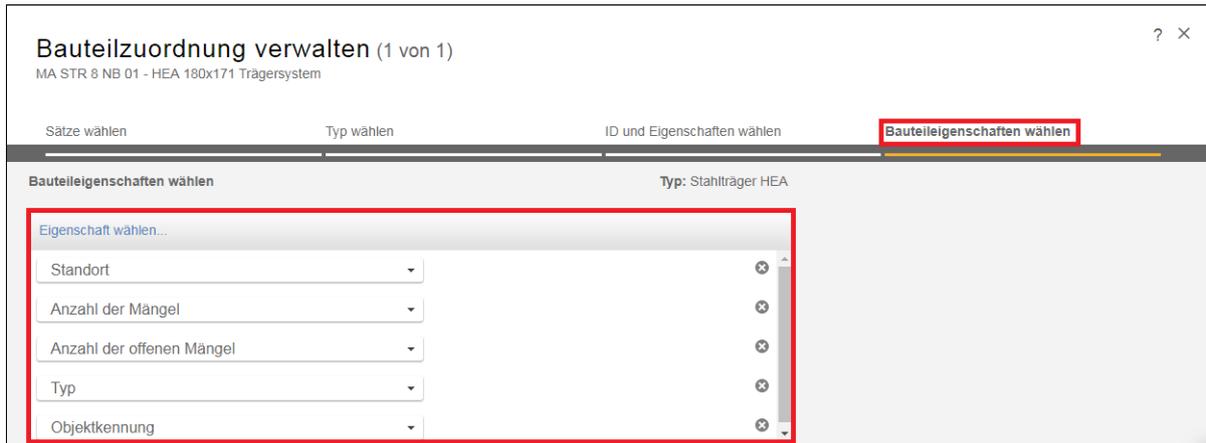


Abb. 7.33 Auswahl der Bauteileigenschaften

Nun besteht eine direkte Verbindung des Bauteils zwischen BIM 360 Glue und Field.

Innerhalb von BIM 360 Field können die Bauteile eines Equipment Sets nun mit einem erstellten Issue über eine Verlinkung verknüpft werden (vgl. Abbildung Abb. 7.35). Die Objekte eines Equipment Sets werden alle einzeln an BIM 360 Field übergeben, sodass eine Verknüpfung lediglich zu einzelnen Objekten und nicht zu ganzen Equipment Sets hergestellt werden kann. Um die alten von den neuen Trägern unterscheiden zu können, muss außerdem bereits bei der Modellierung der Änderung auf die Namenskonvention geachtet werden, da die Objektamen aus den IFC ausgelesen und eine Unterscheidung ohne eindeutige Kennzeichnung nur sehr schwer möglich ist. Für größere Equipments Sets als in diesem Anwendungsszenario kann dieses Prozedere mitunter sehr aufwendig werden.

Name	Typ	Beschreibung	Anzahl der Mängel	Anzahl der offenen Mängel	Modell
<input type="checkbox"/> HEA180 180 x 171 alt (1,74m)	Stahlträger HEA	IFCBUILDINGELEMENT	0	0	MA_STR_8_NB_01
<input type="checkbox"/> HEA180 180 x 171 neu (5,20m)	Stahlträger HEA	IFCBUILDINGELEMENT	0	0	MA_STR_8_NB_01
<input type="checkbox"/> HEA180 180 x 171 alt (5,20m)	Stahlträger HEA	IFCBUILDINGELEMENT	0	0	MA_STR_8_NB_01
<input type="checkbox"/> HEA180 180 x 171 neu (1,74m)	Stahlträger HEA	IFCBUILDINGELEMENT	0	0	MA_STR_8_NB_01
<input type="checkbox"/> HEA180 180 x 171 alt (1,74m)	Stahlträger HEA	IFCBUILDINGELEMENT	0	0	MA_STR_8_NB_01
<input type="checkbox"/> HEA180 180 x 171 neu (1,74m)	Stahlträger HEA	IFCBUILDINGELEMENT	0	0	MA_STR_8_NB_01
<input type="checkbox"/> HEA180 180 x 171 alt (5,20m)	Stahlträger HEA	IFCBUILDINGELEMENT	0	0	MA_STR_8_NB_01
<input type="checkbox"/> HEA180 180 x 171 neu (5,20m)	Stahlträger HEA	IFCBUILDINGELEMENT	0	0	MA_STR_8_NB_01
<input type="checkbox"/> HEA180 180 x 171 alt (5,20m)	Stahlträger HEA	IFCBUILDINGELEMENT	0	0	MA_STR_8_NB_01
<input type="checkbox"/> HEA180 180 x 171 neu (1,72m)	Stahlträger HEA	IFCBUILDINGELEMENT	0	0	MA_STR_8_NB_01
<input type="checkbox"/> HEA180 180 x 171 alt (5,20m)	Stahlträger HEA	IFCBUILDINGELEMENT	0	0	MA_STR_8_NB_01
<input type="checkbox"/> HEA180 180 x 171 neu (5,20m)	Stahlträger HEA	IFCBUILDINGELEMENT	0	0	MA_STR_8_NB_01
<input type="checkbox"/> HEA180 180 x 171 alt (5,20m)	Stahlträger HEA	IFCBUILDINGELEMENT	0	0	MA_STR_8_NB_01
<input type="checkbox"/> HEA180 180 x 171 neu (5,20m)	Stahlträger HEA	IFCBUILDINGELEMENT	0	0	MA_STR_8_NB_01
<input type="checkbox"/> HEA180 180 x 171 alt (1,74m)	Stahlträger HEA	IFCBUILDINGELEMENT	0	0	MA_STR_8_NB_01
<input type="checkbox"/> HEA180 180 x 171 neu (5,20m)	Stahlträger HEA	IFCBUILDINGELEMENT	0	0	MA_STR_8_NB_01
<input type="checkbox"/> HEA180 180 x 171 alt (1,74m)	Stahlträger HEA	IFCBUILDINGELEMENT	0	0	MA_STR_8_NB_01
<input type="checkbox"/> HEA180 180 x 171 neu (1,74m)	Stahlträger HEA	IFCBUILDINGELEMENT	0	0	MA_STR_8_NB_01
<input type="checkbox"/> HEA180 180 x 171 alt (1,74m)	Stahlträger HEA	IFCBUILDINGELEMENT	0	0	MA_STR_8_NB_01
<input type="checkbox"/> HEA180 180 x 171 neu (5,20m)	Stahlträger HEA	IFCBUILDINGELEMENT	0	0	MA_STR_8_NB_01
<input type="checkbox"/> HEA180 180 x 171 alt (1,74m)	Stahlträger HEA	IFCBUILDINGELEMENT	0	0	MA_STR_8_NB_01

Abb. 7.34 Übersicht der Objekte des Trägersystems aus dem erstellten Equipment Set (Ansicht in BIM 360 Field)

Die Verknüpfung eines Issues funktioniert immer nur mit genau einem Bauteil. Für den Issue im Rahmen eines Änderungsmanagements, wie es in diesem Szenario der Fall ist, müssten jedoch alle zusätzlichen Träger mit dem dazu erstellten Issue verknüpft werden. Grundsätzlich wäre es hier von Vorteil, wenn auch ganze Equipment Sets mit einem Issue verknüpft werden könnten und nicht nur einzelne Objekte.

Der fertig erfasste und mit einem Bauteil verknüpfte Issue sieht wie folgt aus.

The screenshot displays a 'Details' view for an issue. At the top, there are icons for editing, commenting, and a clock. Below this is a button labeled 'Zugewiesene Firma erinnern'. The main area contains a form with the following fields:

- Mängeltyp:** Änderungsmanagement
- \* Mangel-ID:** 000001
- \* Beschreibung:** Sehr geehrter Herr Mustermann, gem. § 1 Abs. 3 VOB/B wird der Einbau zusätzlicher HEA180 Träger im 2. OG des Bürogebäudes angeordnet. Die Änderung des Bauentwurfs erfolgt auf Grund einer...
- Quelle:** Bauteile HEA180 180 x 171 neu (1,72m) [Angegeben] X. Below this are two buttons: 'Weblink Aufgabe' and 'Weblink Bauteile'.
- Firma:** Muster GmbH
- Autor:** johannes.reichle@gmx.de
- Status:** Offen
- Fälligkeitsdatum:** 23. Mär 2018
- \* Änderungsnummer:** 00001
- \* Änderungsstatus:** freigegeben
- \* Art der Änderung:** zusätzliche Leistung
- \* Titel:** Änderung des Bauentwurfs gemäß § 1 Abs. 3 VOB/B
- \* Ursache der Änderung:** Sonstiges

Abb. 7.35 Erfasster Issue mit Verknüpfung zu einem Bauteil

Der Anhang des dazugehörigen Änderungsantrags ist ebenfalls möglich.

The screenshot shows the 'Anhänge' (Attachments) section of the software. At the top, there are icons for editing, commenting, and a clock. Below these are buttons for '+ Datei', 'Bibliothek', 'Bibliotheksvorschau', 'Weblink', 'Kamera', and 'Alle herunterladen'. The main area displays a file named 'Änderungsantrag.pdf' with a red box around its name. Below the filename, it says 'Hinzugefügt/geändert 21. Mär 2018 15:07' and 'Öffentliche Verknüpfung:'. At the bottom, there are buttons for 'Markierung', 'Herunterladen', and 'Löschen'.

Abb. 7.36 Anhang des Änderungsantrages

Der Sachverhalt ist nun vollumfänglich beschrieben und wird dem GU durch dessen Zuweisung zur Verfügung gestellt.

## 2. Prüfen und Bewerten der Planänderung

In der Nutzerverwaltung von BIM 360 Glue kann jeder Projektteilnehmer festlegen, über welche Aktivitäten auf der gemeinsamen Plattform er informiert werden möchte.

Abb. 7.37 Nutzerverwaltung mit BIM 360 Glue

Über ein neu hochgeladenes Teilmodell wird der AN (GU/NU) somit umgehend benachrichtigt und kann sich durch den gespeicherten Ansichtspunkt, innerhalb des integrierten BIM-Viewers, bereits einen Einblick in den vorliegenden Sachverhalt verschaffen (vgl. Abb. 7.27). Außerdem kann er alle weiteren Managementfunktionen von BIM 360 Glue (Kollisionsprüfungen, Erstellen von Koordinationsmodellen, etc.) zur Prüfung und Bewertung der Planänderung nutzen.

Ein weiteres Produkt der Firma Autodesk, BIM 360 Team, bietet für den Revisionsvergleich zweier IFC-Dateien eine effektive Erweiterung zu den beiden untersuchten BIM-Anwendungen Glue und Field. Mit dieser Anwendung ist es den AN (GU/NU) möglich, zwei Modellversionen direkt miteinander zu vergleichen und Änderungen in Geometrie und Attribuierung (teil-)automatisiert zu detektieren.

Hierzu müssen zunächst die beiden Versionsstände gewählt werden, die miteinander verglichen werden sollen.

Abb. 7.38 Versionsvergleich mit BIM 360 Team

Durch die Überlagerung der beiden Versionsstände werden alle hinzugefügten, entfernten und geänderten Elemente visualisiert. Im vorliegenden Anwendungsfall können alle zehn HEA Träger (5 x 1,72m; 5 x 5,20) unmittelbar ausfindig gemacht werden. In Schlüsselfertigbauprojekten, in denen Änderungen häufig an konstruktiven Details auftreten, ist diese Möglichkeit der Lokalisierung von Änderungen am Bauwerksmodell besonders effizient. Eine manuelle Auswahl der getätigten Änderungen entfällt dabei ebenfalls.

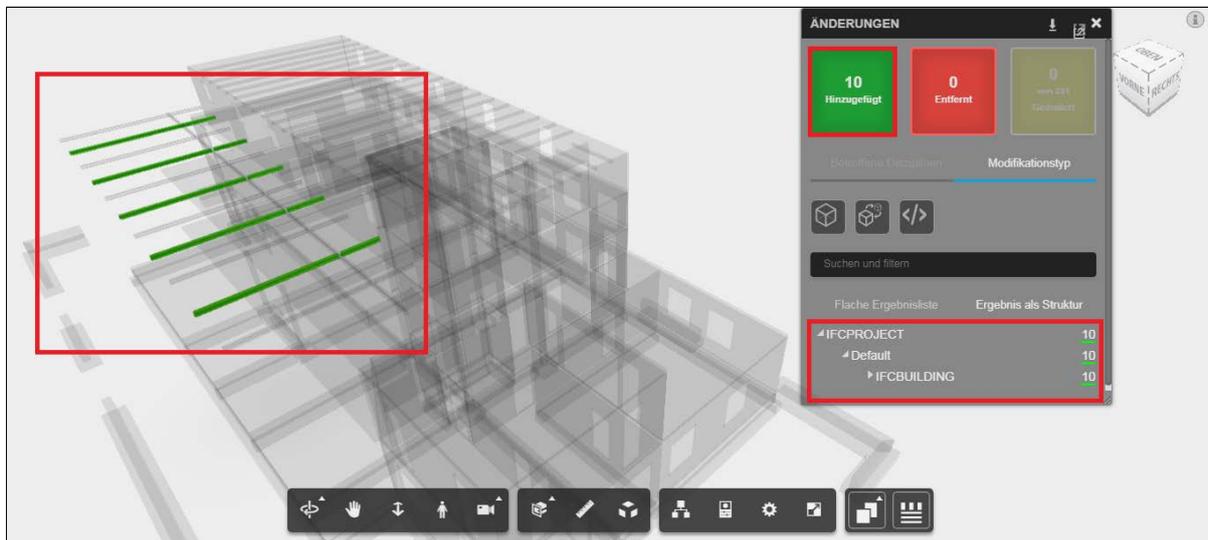


Abb. 7.39 Revisionsvergleich mit BIM 360 Team

Nach diesem Einschub der BIM 360 Team Anwendung, erfolgt die weitere Untersuchung des Anwendungsszenarios weiterhin ausschließlich anhand der BIM 360 Glue und Field Applikationen.

Durch die Verknüpfung des HEA-Trägersystems (als Equipment Set) mit BIM 360 Field enthalten alle Träger die ausgewählten BIM 360 Field-Eigenschaften nun in deren Glue-Eigenschaften. Eine Einsicht in die Objekteigenschaften gibt folglich Aufschluss darüber, ob und wenn ja, wie viele Issues zu dem jeweiligen Objekt existieren.

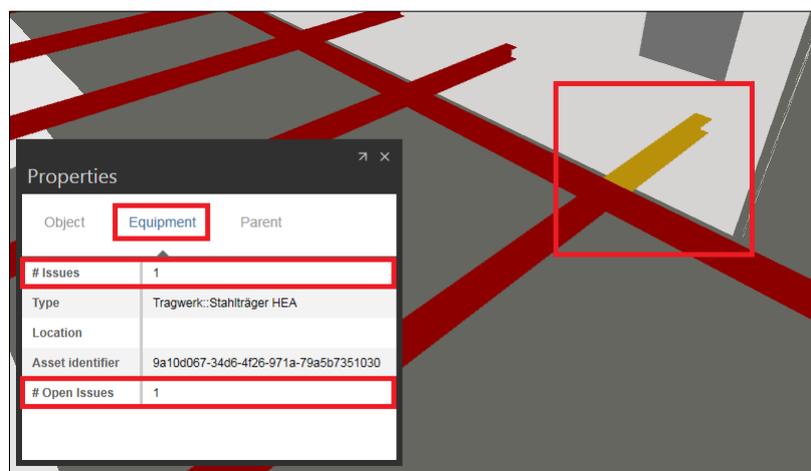


Abb. 7.40 Anzeige der verknüpften BIM 360 Field-Eigenschaften in BIM 360 Glue

Wie in Schritt 1 bereits erklärt, kann jedoch immer nur ein einziges Objekt mit einem Issue verknüpft werden. Somit müsste für jeden einzelnen zusätzlichen HEA Träger ein separater Issue erzeugt werden, was die Arbeit nicht mehr praktikabel macht.

Den Issue, mit allen notwendigen Anweisungen und Informationen zur Bearbeitung der Änderung des Bauentwurfs, erhält der AN über seine BIM 360 Field Anwendung.

	ID	Firma	Typ	Status	Fälligkeitsdatum	Erstellungsdatum	Firma des Autors
<input type="checkbox"/>	000001	Muster GmbH	Änderungsmanagement	Offen	23. Mär 2018	20 Mär 2018 13:11	Technical University of Munich

Abb. 7.41 Übersicht des zugewiesenen Issues

Auf dieser Informationsgrundlage kann der GU eine Entscheidung darüber fällen, wer den dazugehörigen Tätigkeitsbereich zu verantworten hat.

Über eine Kommentierung des Issues in BIM 360 Field, kann eine persönliche Einschätzung zum vorliegenden Sachverhalt abgegeben werden.

### 3. Information des Nachunternehmers

Durch die angenommenen vertraglichen Bedingungen des Anwendungsszenarios findet die Kommunikation der einzelnen Vertragsparteien erneut ausschließlich zwischen BH und GU sowie GU und NU statt. Um diese Vertragskonstellation in einem BIM-Kollaborationswerkzeug digital abbilden zu können, bedarf es eines umfangreichen Rollen- und Rechtesystems.

Da, wie in Abschnitt 7.3.1 erwähnt, die Zugriffs- und Bearbeitungsrechte nicht für einzelne Unternehmen oder Issuetypen verwaltet werden können, werden ohne weitere Anpassungen alle Projektteilnehmer den Issue einsehen und bearbeiten können. Man könnte zwar die Einsichts- und Bearbeitungsrechte z.B. für die Rolle „Subunternehmer“ anpassen, da die Rolle aber mit Sicherheit mehr als einen Nachunternehmer umfassen wird, würde damit auch dem verantwortlichen Nachunternehmer, der mit in den Workflow eingebunden werden soll, die Möglichkeit zur Einsichtnahme bzw. Bearbeitung genommen werden. Um die verschiedenen Projektkonstellationen rechtssicher abbilden zu können, bedarf es folglich einer weitaus detaillierteren Ausarbeitung der Rollen und Rechte.

Die Zuweisung an den verantwortlichen Nachunternehmer erfolgt schließlich, wie mit BIMcollab, durch die Erstellung eines neuen Issues in BIM 360 Field durch den GU, in dem er den NU in Form eines Änderungsantrags über die zusätzlichen HEA-Träger informiert. Das aktualisierte Teilmodell und der gespeicherte Viewpoint, mit der entsprechenden Objektauswahl, steht dem NU ebenfalls in BIM 360 Glue zur Verfügung.

### 4. Leistungsabweichung erkennen und bewerten

Durch die Visualisierung der Änderungen und den gespeicherten Viewpoint, kann der AN (GU/NU) die Leistungsabweichung durch den Einbau der zusätzlichen HEA-Träger rasch erkennen und bewerten. Ein zusätzliches Hilfsmittel wäre dabei die zusätzliche Anwendung von BIM 360 Team (vgl. Schritt 2).

Wie bereits in Abschnitt 7.2.2 erwähnt, sind die weiteren BIM-Anwendungen in diesem Schritt nicht Teil eines BIM-Kollaborationswerkzeugs, sondern vielmehr unternehmensinterne Folgeanwendungen, die die beteiligten Unternehmen in ihrer weiteren Bearbeitung des Issues unterstützen können (vgl. Tabelle 6.1). Zwei Beispiele für mögliche

BIM-Anwendungen in diesem Schritt wurden ebenfalls in Abschnitt 7.2.2, Schritt 4 vorgestellt.

## 5. Nachtragscontrolling

Im weiteren Verlauf der Kommunikation erhält der AG (BH/GU) über eine Kommentierung des Issues eine Nachricht über den Eingang eines Nachtragsangebotes, basierend auf dem aktuellen Teilmodell. Dazugehörige CPIXML- oder GAEB-Dateien können ihm in einer gemeinsamen Dateiablage innerhalb von BIM 360 Field zur Verfügung gestellt werden. Für die Prüfung des Nachtragsangebotes muss sich der Bauherr den Nachtrag in seine eigene Arbeitsumgebung importieren und mit einer geeigneten Software (vgl. Tabelle 6.1) auswerten. Geht man schließlich von einer Einigung aus, wird der AN (GU/NU) mit dem Nachtrag beauftragt und der Issue freigemeldet. Abschließend erfolgt eine Fortschreibung der Ausführungsunterlagen, um die jeweiligen Fachmodelle.

### 7.3.3 Fazit zur Umsetzung mit Autodesk BIM 360

Mit BIM 360 bietet Autodesk verschiedene Produktanwendungen für eine unternehmensübergreifende Zusammenarbeit an. Alle Anwendungen sind eigenständige Lösungen und können auch einzeln verwendet werden.

Bei einem BIM-basierten Ansatz steht die BIM 360 Glue Anwendung zur Verwaltung der 3D-Informationsmodelle im Zentrum der Arbeit. Gemäß dem Open BIM Ansatz können Teilmodelle in über 50 verschiedenen Dateiformaten eingelesen und verwaltet werden. Die Verwaltung der Bauwerksmodelle erfolgt in einfachen Ordnerstrukturen. In großen Bauvorhaben kann die Anzahl der IFC-Dateien durchaus beträchtlich werden, was die Verwaltung in einer Ordnerstruktur problematisch gestalten kann, da entsprechende Filtermöglichkeiten zum Auffinden spezifischer Modelle nicht existieren. Jeder Teilnehmer kann die Fachmodelle in einer beliebigen Dateinamenskonvention in einem beliebigen Ordner ablegen. Für eine übersichtliche Verwaltung der Teilmodelle gilt es also ein einheitliches, unternehmensübergreifendes Ablagesystem zu etablieren, das in BIM 360 Glue regelmäßig kontrolliert werden muss.

Der integrierte Viewer in BIM 360 Glue bietet zahlreiche weitere Anwendungsmöglichkeiten, um die Bauwerksmodelle gemeinschaftlich bewerten und diskutieren zu können. Neben der Erstellung von Koordinationsmodellen, können browserbasiert beispielsweise auch Kollisionsprüfungen erfolgen. Diese zahlreichen Managementfunktionen ermöglichen es auch Projektteilnehmern ohne eigene Softwareapplikation am BIM-Prozess teilzunehmen.

Für einen effizienten Revisionsvergleich zweier Modellversionen sollte zusätzlich die BIM 360 Team Anwendung zum Einsatz kommen. Mit ihr ist es möglich alle geänderten und ergänzten oder auch entfernten Bauteile durch Überlagerung zweier Versionsstände (teil-) automatisiert zu visualisieren. Eine manuelle Kennzeichnung, die in schlüsselfertigen Bauvorhaben äußerst umfangreich ausfallen kann, entfällt damit.

Für die effiziente und transparente Abwicklung der Änderung des Bauentwurfs auf Grundlage des 3D-Modells, kommt neben BIM 360 Glue zusätzlich die Field-Anwendung zum Einsatz. Der große Vorteil von BIM 360 Field liegt in der freien Gestaltung zur Beschreibung und Erfassung eines Issues, durch die Erzeugung von nutzerspezifischen Eigenschaften. Dadurch kann die Gestaltung und auch die Art und Weise wie der Issue bearbeitet wird, individuell beeinflusst werden.

Um Issues auf Basis des BIM-Modells ablaufen zu lassen, muss eine Verknüpfung zwischen BIM 360 Glue und Field hergestellt werden. Die Grundlage hierfür liefern die Equipment Sets, die dann in die BIM 360 Field Anwendung überführt werden können. Dieses Prozedere ist gerade bei größeren Projekten äußerst aufwendig und zeitintensiv. Außerdem kann keine manuelle Auswahl verschiedener Objekte in einem Equipment Set gespeichert werden, was gerade im Hinblick auf das vorliegende Anwendungsszenario einen großen Nachteil darstellt, da lediglich das gesamte Trägersystem und nicht nur die zusätzlichen HEA-Träger in einer Auswahl zusammengefasst werden können. Die in einem Equipment Set zusammengefassten Objekte, werden schließlich alle einzeln und nicht als eine Einheit in BIM 360 Field überführt. Dementsprechend müsste jeder zusätzliche HEA-Träger einzeln mit dem Issue verknüpft werden, was keine praktikable Lösung darstellt. Da jedoch ohnehin lediglich ein einzelnes Bauteil mit einem Issue in Verbindung gebracht werden kann, ist die angedachte Umsetzung des Workflows mit BIM 360 Glue und Field nicht vollumfänglich möglich.

Einen weiteren kritischen Punkt stellt die Verwaltung von Einsichts- und Bearbeitungsrechten in BIM 360 Field dar. Um die vertraglichen Konstellationen der unterschiedlichen Projektbeteiligten in einem Schlüsselfertigbauprojekt abbilden zu können, bedarf es eines deutlich umfangreicheren Verwaltungssystems für die Rollen und Rechte, als es in der Field-Anwendung gegeben ist.

Aktuell arbeitet Autodesk an einer Zentralisierung der verschiedenen BIM 360 Produkte, in deren Mittelpunkt die BIM 360 Docs Anwendung, als zentrales Dokumentenmanagementsystem, stehen wird. Darauf aufbauend können dann weitere Produkte wie BIM 360 Glue oder Field mit eingebunden werden, ohne vorher manuell eine Verknüpfung herstellen zu müssen. In dieser Lösung soll auch eine deutlich detailliertere Verwaltung der Rechte und Rollen für die rechtssichere Abbildung verschiedener Workflows möglich sein (AUTODESK, 2018).

## 7.4 Umsetzung von Anwendungsfall 1 mit think project!

Abschließend erfolgt die Umsetzung von Anwendungsfall 1 auf Basis der internetbasierten Projektplattform think project!. Zusammen mit dem Modul BIM Collaboration bietet sich die Möglichkeit, etablierte Funktionalitäten der Projektplattform mit einem kollaborativen Modellmanagement zu verbinden.

### 7.4.1 Workflow-Management mit think project!

Mit dem Modul BIM Collaboration bietet die internetbasierte Projektplattform think project! (*tp!*) die Möglichkeit, unterschiedliche BIM-Daten in der Projektzusammenarbeit flexibel zu nutzen.

Grundlage der BIM-Lösungen ist die *think project! Collaboration Cloud*, in der alle Projektinformationen aus Modellen, Plänen, Dokumenten und anderen Informationsquellen zentral verwaltet werden. Um allen Projektteilnehmern die erforderlichen Projektinformationen bereitzustellen, bieten die CORE-Funktionalitäten der Cloud individuelle Ablagestrukturen, flexible Kommunikationsmechanismen sowie eine detaillierte Verwaltung von Rollen und Rechten. Auf diese Art und Weise ist eine Anpassung an individuelle Arbeitsumgebungen und eine gezielte Unterstützung unternehmensübergreifender

Lieferprozesse möglich. Die folgende Abbildung zeigt die auf den CORE-Funktionalitäten aufbauenden Services, Prozesse, Konnektoren und Softwareanwendungen. Mit BIM Collaboration stehen die Bauwerksmodelle und ihre Inhalte dabei in der Cloud allen Projektteilnehmern direkt im Internet zur Verfügung.

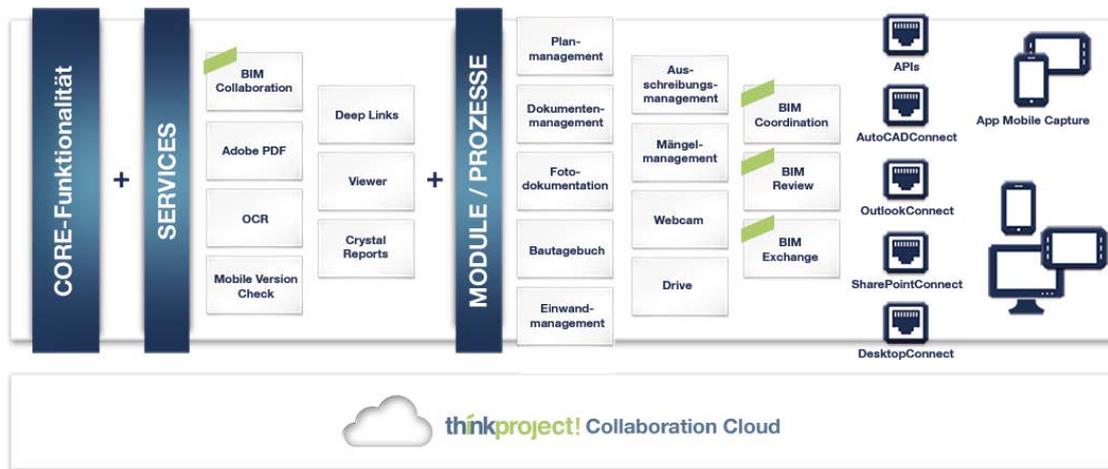


Abb. 7.42 think project! Collaboration Cloud

Die Verwaltung und Bearbeitung verschiedener Geschäftsprozesse in Form von spezifischen BIM-Anwendungsfällen, wie einem BIM-basierten Änderungsmanagement, erfolgt in tp! in sogenannten Dokumentarten (DA). Dokumentarten sind Filter, die die entsprechenden Dokumente und Informationen bzgl. eines spezifischen Themengebiets (z.B. „Änderungsmanagement“) enthalten. Der Inhalt einer DA stammt dabei aus der direkten Kommunikation beteiligter Akteure. Durch ein entsprechendes Einsichtsprinzip, sehen alle Teilnehmer ausschließlich die für sie freigegebenen Datensätze. Diese Filter werden in der tp!-Projektumgebung symbolisch als Ordner dargestellt. Zu einer Dokumentart existieren meistens auch entsprechende Unterfilter, die z.B. nur den aktuellen Bearbeitungsstand eines Workflows anzeigen. Dieses Prinzip basiert auf der dahinterstehenden Datenbank und ermöglicht es jedem Projektteilnehmer seine individuelle Ablagestruktur zu schaffen.

Für alle Dokumentarten und auch deren Unterfilter können nutzerspezifische Einsichts- und Bearbeitungsrechte eingestellt werden, um die unterschiedlichen Berechtigungen und Beziehungen der Projektteilnehmer digital abbilden zu können. Ein Filter kann dabei für einzelne Akteure einsehbar sein oder auch für entsprechende Rollen (wie z.B. alle Teilnehmer einer bestimmten Firma). Gleichzeitig können detaillierte Bearbeitungsrechte vergeben werden.

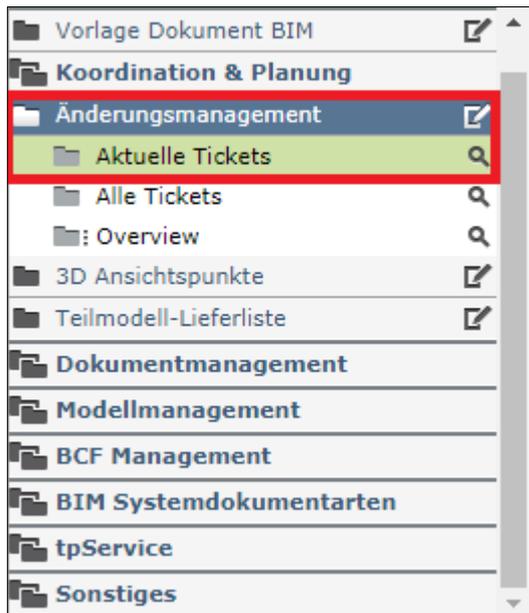


Abb. 7.43 tp! Dokumentarten

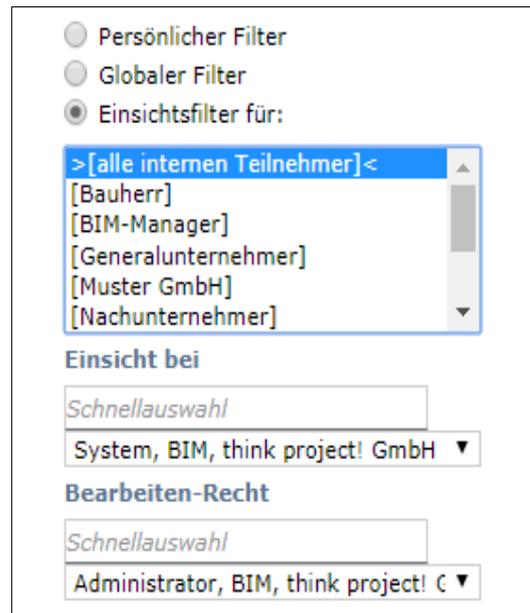


Abb. 7.44 Einsichts- und Bearbeitungsrechte

	Art der Änderung	Änderungsstatus	Titel	Fälligkeitsdatum	Zugewiesene Firma	Thumbnail	Open in BIM Modu...	Eingang/Ausga...
1	zusätzliche Leistung	Offen	Zusätzliche H...	06.04.2018	Reichle, Johannes, GU		Open TPC-MDA...	heute 09:51

Abb. 7.45 Issue-Management mit tp!

Ein Bearbeitungsprozess in think project! wird wiederum in einer dafür vorgesehenen Eingabemaske initialisiert, die um individuelle Issue-Eigenschaften zur Beschreibung und Verwaltung des vorliegenden Tatbestandes erweitert werden kann (vgl. Abb. 7.51). Grundsätzlich werden in think project! die allgemeinen Kommunikationsregeln und automatisierten Workflows in einer dafür vorgesehenen Projektkonfiguration festgelegt.

## 7.4.2 BIM-Workflow mit tp!-BIM-Collaboration

### 1. Datenübergabe nach Planänderung gem. § 1 Abs. 3 VOB/B

Die aktualisierte Version des Tragwerksmodells wird dem GU im Modellmanagement der zentralen Collaboration Cloud zur Einsichtnahme bereitgestellt.

Project	Domain	Phase	Zone	Code	Ifc Model	Status	Open in BIM Module	Eingang/Ausgang
Masterarbeit	Statik/Stru...	8-Objektü...	Neubau	MA_STR_8_NB	MA_STR_8_NB_01.ifc	Published	Open PMC-TUF...	Mi 21.03. 15:49
Masterarbeit	Statik/Stru...	8-Objektü...	Neubau	MA_STR_8_NB	MA_STR_8_NB_00.ifc	Published	Open PMC-TUF...	Do 08.03. 17:34

Abb. 7.46 Modellmanagement mit tp!

Im dazugehörigen Modul BIM Collaboration erhält der Nutzer eine zusätzliche Übersicht über die unterschiedlichen BIM-Daten. Diese entsprechen den Dokumentarten aus der zentralen Collaboration Cloud. Die Verknüpfung der Collaboration Cloud und dem BIM Collaboration Modul erfolgt dabei über die eindeutigen Identifikatoren der Dokumentarten und wird zu Projektbeginn einmalig festgelegt, sodass im weiteren Verlauf alle enthaltenen

Informationsressourcen automatisiert überführt werden. Welche Dokumentarten ihm dabei angezeigt werden, kann der Nutzer frei entscheiden.

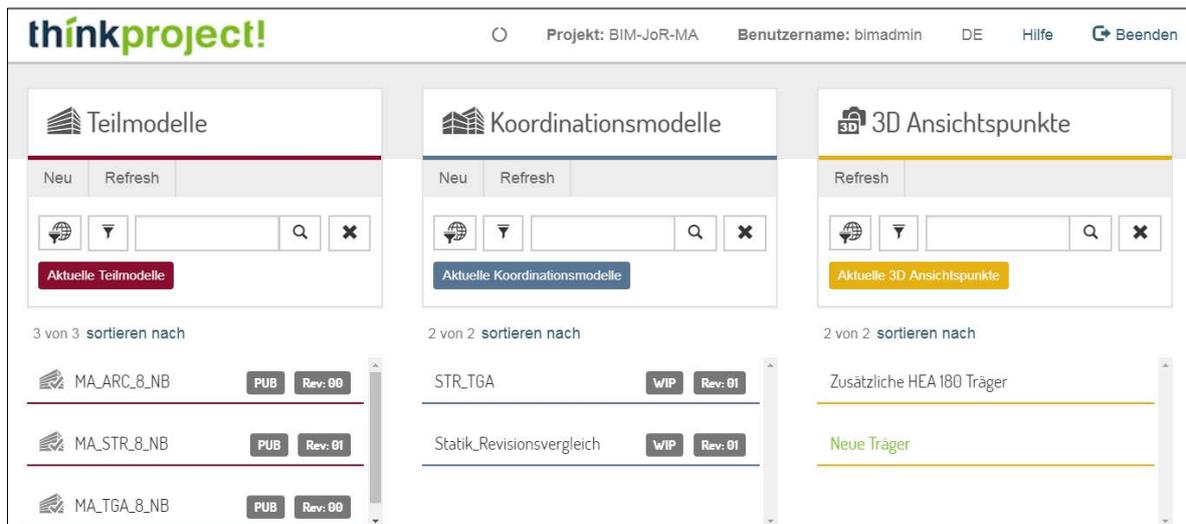


Abb. 7.47 Arbeitsumgebung des BIM Collaboration Moduls

Der Dateiname hat beim Hochladen der neuen Modellversion exakt der auftraggeberseitig vorgegebenen Dateinamenskennung zu entsprechen. Davon abweichende Ausdrücke, werden vom System erkannt und nicht zugelassen. Der Grund hierfür ist das automatische Auslesen der Informationen, die hinter den verwendeten Kürzeln stehen (vgl. Abb. 7.46). Eine aufwendige Pflege der Datenhaltung entfällt somit. Zusätzlich kann nach allen Eigenschaften gefiltert und ein spezifisches Fachmodell unmittelbar ausfindig gemacht werden.

Um den GU über die neue Modellversion zu informieren, kann die Projektsteuerung oder der Architekt des Bauherrn, gleichzeitig zum Import der IFC-Datei, eine Nachricht verfassen.



Abb. 7.48 IFC-Import in think project!

Zum besseren Verständnis des GU, kann der Bauherr einen 3D-Ansichtspunkt der getätigten Änderungen im integrierten BIM-Viewer des BIM Collaboration Moduls aufnehmen.

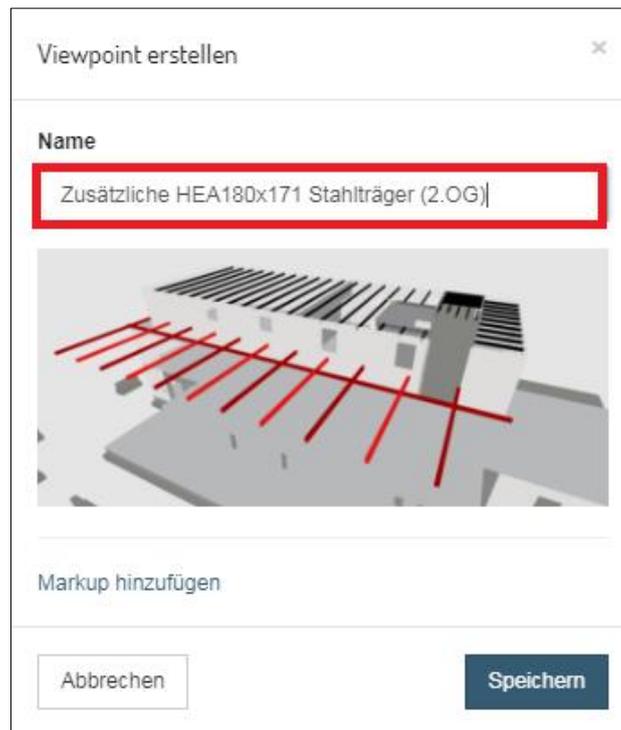


Abb. 7.49 3D-Ansichtspunkt der zusätzlichen HEA-Träger in tp!

Der Viewpoint wird sowohl im Modul BIM Collaboration als auch in der dazugehörigen Collaboration Cloud gespeichert. Auf der Grundlage des gespeicherten Ansichtspunkts kann der Bauherr innerhalb der Collaboration Cloud nun einen entsprechenden Workflow zur unternehmensübergreifenden Bearbeitung der Änderungen initialisieren.

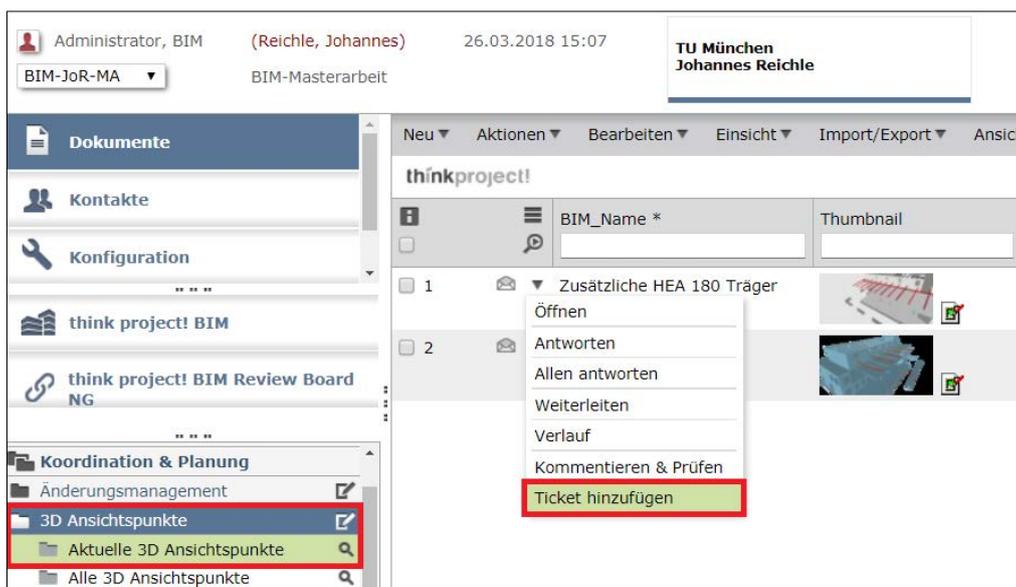


Abb. 7.50 Initialisierung eines Workflows auf Grundlage des gespeicherten Ansichtspunkts

Auf diese Art und Weise wird der Datensatz als Weblink automatisiert in den Issue integriert. In der entsprechenden Eingabemaske kann der Bauherr alle wesentlichen Eigenschaften zur Beschreibung des vorliegenden Sachverhalts ergänzen und den dazugehörigen Änderungsantrag als PDF-Datei anhängen.

The screenshot shows the 'Zusammenstellen' (Compose) window in think project!. The window title is 'Zusammenstellen Voransicht'. The menu bar includes 'Einfügen', 'Bearbeiten', 'Aktionen', 'Ansicht', and 'Versandoptionen'. Below the menu bar are buttons for 'Speichern', 'Dokument hinzufügen', and 'Datei(en) hinzufügen'. The main content area is titled '+ Nachricht' and contains a form for creating a change request. The form includes the following fields:

- Dokument Änderungsmanagement**: A section with a 'Thumbnail' area showing a PDF file named 'übernommen:....png' (72.3 KB).
- Titel \***: A text input field containing 'Zusätzliche HEA 180 Träger'.
- Änderungsnummer \***: A text input field containing '0001'. Below it, a note says 'Format: 4-stellige Nummer, z.B. 0001'.
- Fälligkeitsdatum**: A date picker field set to '05.04.2018'.
- Art der Änderung \***: A dropdown menu with options: '>zusätzliche Leistung<', 'veränderte Leistung', 'Mengenänderung', 'Bauzeitverlängerung/-versch', and 'Planungsänderung'.
- Ursache \***: A dropdown menu with options: '>Kundenwunsch<', 'Baugrundrisiko', 'behördl. Auflagen', and 'Sonstiges'.
- Änderungsstatus \***: A dropdown menu with options: '>Offene<', 'Geschlossen', 'In Bearbeitung', 'Wieder aufgenommen', and 'Überarbeitung nötig'.
- Leistungsbeschreibung \***: A text area containing the text: 'Sehr geehrter Herr Reichle, gem. § 1 Abs. 3 VOB/B wird der Einbau zusätzlicher HEA180 Träger im 2. OG des Bürogebäudes angeordnet. Die Änderung'.
- Kommentar**: An empty text area.
- Zugewiesene Firma**: A dropdown menu with a search function. The selected option is 'Reichle, Johannes, GU'.

Abb. 7.51 Nutzerspezifische Eingabemaske zur Erfassung einer Änderung in tp!

Eine weitere Möglichkeit besteht darin die Informationen zu den zusätzlichen Stahlträgern in einer eigenen Softwareanwendung als BCFZIP-Datei zu speichern und in think project! zu importieren.



Abb. 7.52 tp!-BCF Management

Dabei ist das Vorgehen dem aus Abschnitt 7.2.2 sehr ähnlich. Es gibt jedoch keine BCF-Manager als Schnittstelle zwischen den unternehmensspezifischen Softwaresystemen und think project!, sodass alle BCF-Files manuell generiert, exportiert und importiert werden müssen.

## 2. Prüfen und Bewerten der Planänderung

Der GU wird über die neue Modellversion des Tragwerkmodells durch eine Nachricht von Bauherrenseite direkt informiert (vgl. Abb. 7.48). Eine nutzerspezifische Einstellungsmöglichkeit, über welche Uploads man informiert werden möchte (vgl. Abb. 7.37, BIM 360 Glue), existiert in tp! nicht. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass zum einen die Dokumentarten in jedem Projektraum variieren und zum anderen die Einsichts- und Bearbeitungsrechte gewahrt werden müssen. Ein Nachunternehmer wird beispielsweise nicht zwangsläufig Einsicht in den Filter „Aktuelle Teilmodelle“ erhalten. Erst wenn der GU ihm den entsprechenden Datensatz weiterleitet, wird er darauf Zugriff haben.

Gleichzeitig wird der GU, durch den ihm zugewiesenen Issue innerhalb des Änderungsmanagements, über die getätigten Änderungen informiert. Auch ein Issue kann durch eine Nachrichtenfunktion mit einem entsprechenden Anschreiben ergänzt werden. Durch den integrierten Weblink des gespeicherten 3D-Ansichtspunktes gelangt der GU schließlich direkt in den Viewer des BIM Collaboration Moduls, um die beschriebenen Änderungen visualisieren zu können.

Art der Änderung	Änderungsstatus	Titel	Fälligkeitsdatum	Zugewiesene Firma	Open in BIM Module
Bitte ausw...	Bitte ausw...				
zusätzliche Leistung	Offen	Zusätzliche HEA 180 Träg...	06.04.2018	Reichle, Johannes, GU	▶▶ Open TPC-MDA...

Abb. 7.53 Integrierter Weblink im Issue-Management

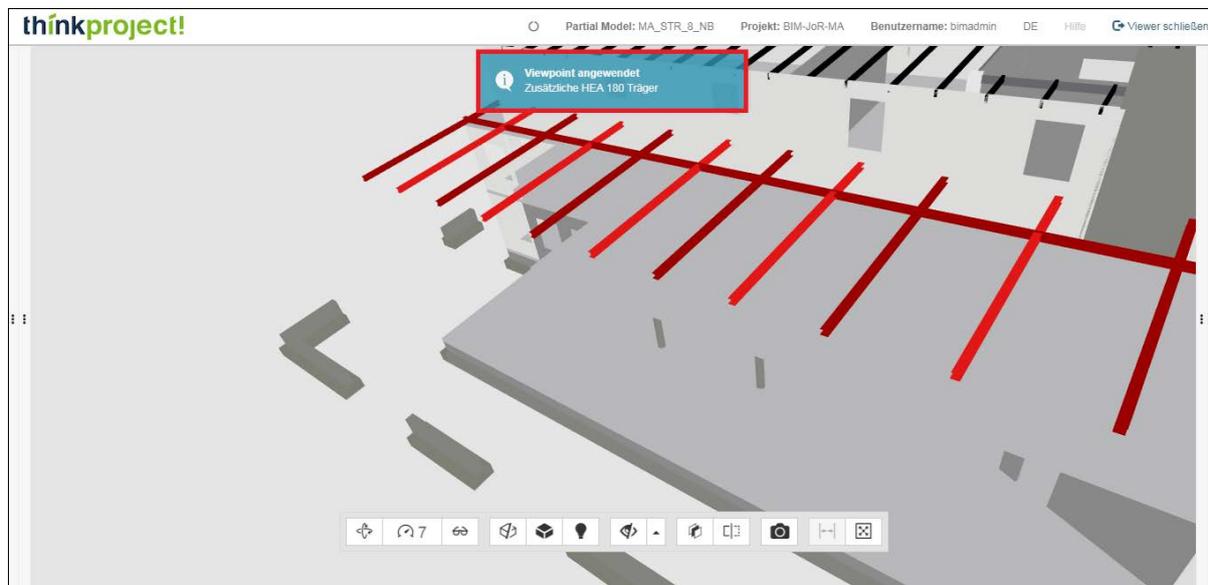


Abb. 7.54 Anwendung des 3D-Ansichtspunktes

Ein expliziter Revisionsvergleich, wie er beispielsweise mit BIM 360 Team umgesetzt werden kann (vgl. Abschnitt 7.3.2), ist in tp! derzeit noch nicht möglich. Zwar können in einem Koordinationsmodell zwei Versionsstände durch entsprechende Visualisierungsregeln miteinander verglichen werden, dabei sind jedoch nur offensichtliche Geometrieänderungen erkennbar. Änderungen oder Ergänzungen an konstruktiven Details und auf Attributebene der Bauelemente bleiben dabei unentdeckt und können nur durch die manuelle Auswahl und

Hinweise des Urhebers festgestellt werden. In größeren Bauvorhaben kann diese Vorgehensweise mitunter sehr zeitaufwändig sein.

In seiner Arbeitsumgebung des BIM Collaboration Moduls erhält der GU eine weitere Einsicht über die aktuellen Teilmodelle und Ansichtspunkte sowie deren Wechselwirkungen.

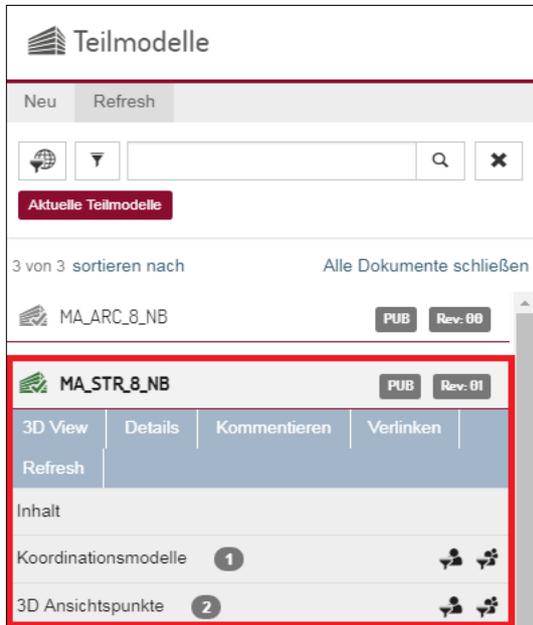


Abb. 7.55 Übersicht der Teilmodelle und deren Beziehungen

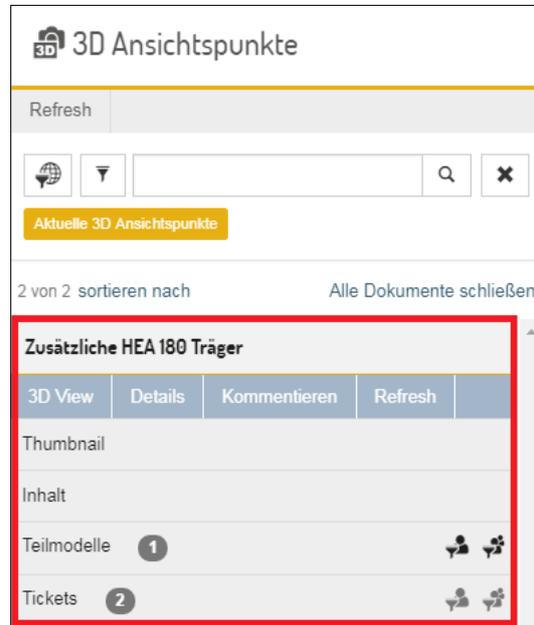


Abb. 7.56 Übersicht der 3D-Ansichtspunkte und deren Beziehungen

Somit kann auch innerhalb des BIM Collaboration Moduls schnell erkannt werden, mit wie vielen Issues ein Viewpoint verknüpft ist und zu welchem Teilmodell er gehört.

Auf dieser Grundlage kann der GU eine eindeutige Entscheidung über den Tätigkeitsbereich der Änderung treffen.

### 3. Information des Nachunternehmers

Fällt die Installation der HEA-Träger in den Zuständigkeitsbereich eines Nachunternehmers, muss der GU diesen mit in den Workflow zur Bearbeitung der Planungsänderung einbeziehen. Dazu stehen ihm in tp! unterschiedliche Optionen zur Verwaltung der Einsichts- und Bearbeitungsrechte zur Verfügung. Für den vorliegenden Anwendungsfall ist die folgende Lösung gewählt worden.

Der verantwortliche Nachunternehmer hat keine Einsichtsrechte in die Dokumentart „Änderungsmanagement“. Um ihn trotzdem in den bestehenden Workflow miteinzubeziehen, muss der entsprechende Datensatz in eine für ihn zugängliche Dokumentart, z.B. „Koordination GU-NU“, überführt werden. In diese DA hat der Bauherr keine Einsichtsrechte.

Das Überführen des Issues mit allen relevanten Informationen in eine andere Dokumentart macht eine Verknüpfung der beiden Dokumentarten „Änderungsmanagement“ und „Koordination GU-NU“ möglich. Dabei kann für jeden einzelnen Eigenschaftswert des ursprünglichen Issues bestimmt werden, ob dieser überführt werden soll oder nicht.

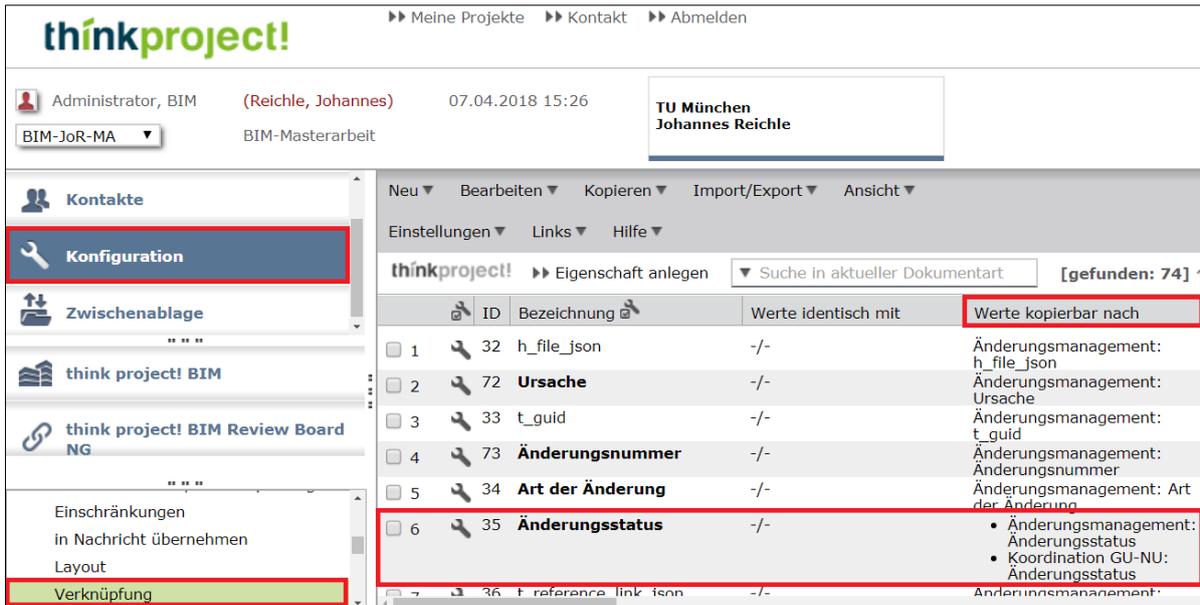


Abb. 7.57 Verknüpfung einzelner Eigenschaften zwischen unterschiedlichen Dokumentarten

Zusätzlich können für alle verfügbaren Eigenschaften individuelle Bearbeitungsrechte festgelegt werden. Somit kann exakt bestimmt werden, welche Eigenschaften überführt werden und für den jeweiligen NU editierbar bleiben. Auf diese Weise ist es dem GU möglich den Issue an den verantwortlichen NU weiterzuleiten, ohne diesen komplett neu Erfassen zu müssen.

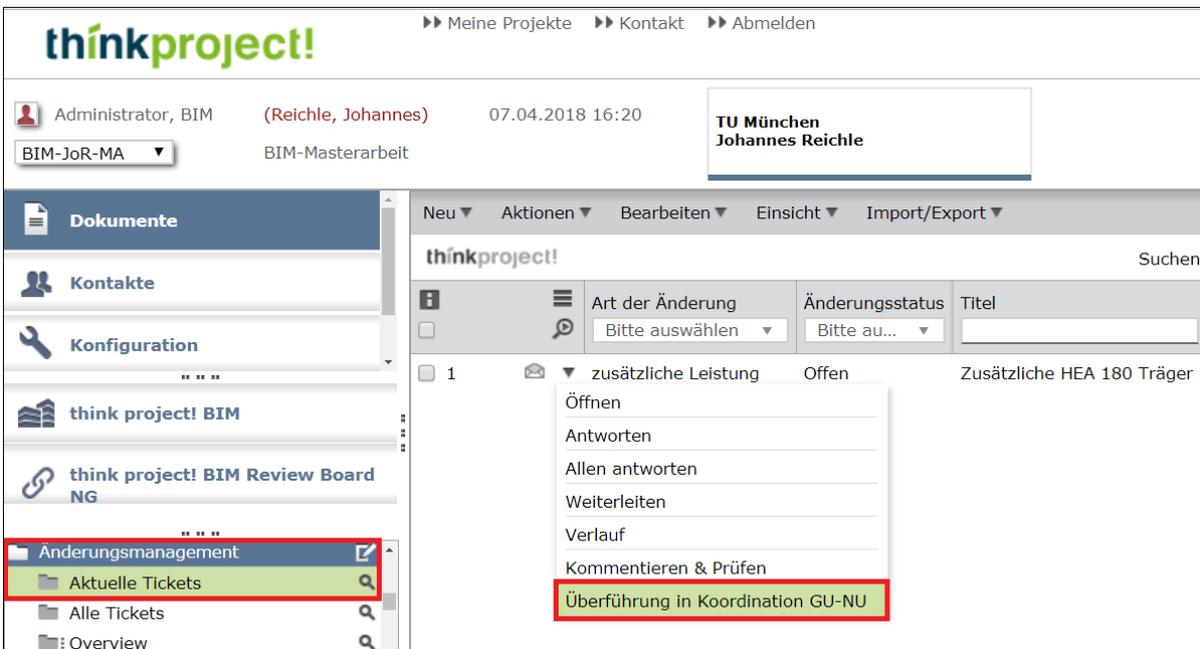


Abb. 7.58 Überführung eines Datensatzes in die Dokumentart „Koordination GU-NU“

Damit zumindest der aktuelle Bearbeitungsstand aller angeordneten Änderungen bauherrenseitig weiterhin nachvollzogen werden kann, wird eine zusätzliche DA „Änderungsverfolgung“ angelegt. In diese DA werden für jeden Änderungsdatensatz der aktuelle Änderungsstatus, der 3D-Ansichtspunkt sowie die dazugehörige Änderungsnummer aus der DA „Koordination GU-NU“ automatisiert überführt, sobald eine Statusänderung

vorgenommen wurde. Auf diese Art und Weise kann bauherrenseitig eine Änderungsverfolgung stattfinden, ohne den genauen Ablauf zwischen GU und NU nachvollziehen zu können.

Dies macht eine Programmierschnittstelle (API) namens Config+ möglich. Config+ bietet der Plattform, neben den Grundfunktionalitäten, die Möglichkeit zur Erweiterung der Anwendungen in Abhängigkeit des jeweiligen Anwendungsfalls. Die Skripte werden mit der Programmiersprache Lua geschrieben, die es auch unerfahrenen Programmierern ermöglicht den Code nachzuvollziehen. Für einige Anwendungen, wie das automatische Überführen spezifischer Eigenschaften zwischen zwei unterschiedlichen Dokumentarten, existieren inzwischen einige vorgefertigte Lua-Skripte, die nur noch projektspezifisch angepasst werden müssen. Wie das entsprechende Skript für die automatische Überführung der drei Dokumenteigenschaften im Rahmen einer modellbasierten Planungsänderung aussieht, kann dem Anhang dieser Arbeit entnommen werden (Anhang C). Um den Code besser verständlich zu machen, existiert für jeden Schritt eine kurze Erläuterung (grün).

Der entsprechende Datensatz steht dem Nachunternehmer, nach der Überführung durch den GU, schließlich in der DA „Koordination GU-NU“ als Referenz auf den Originaldatensatz zur Verfügung.

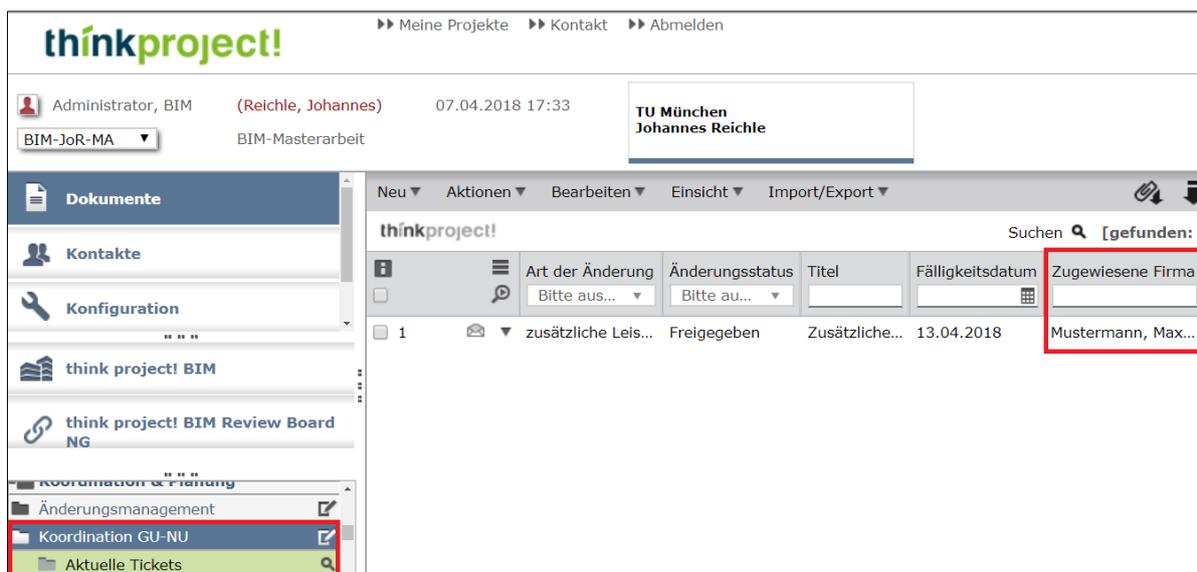


Abb. 7.59 Issue-Verwaltung in der DA „Koordination GU-NU“

Über den Weblink zum gespeicherten Viewpoint, kann sich der zugewiesene NU einen Eindruck der getätigten Änderungen im integrierten BIM-Viewer verschaffen.

Der Einsichtsfilter der DA gibt vor, dass nur Teilnehmer der Rolle „GU+NU“ die darin enthaltenen Datensätze einsehen und ggf. bearbeiten können.

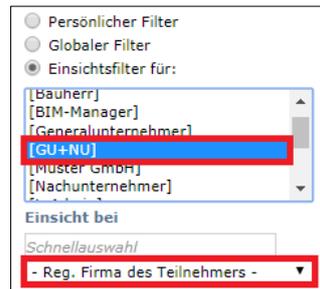


Abb. 7.60 Bestimmen der Einsichtsrechte

Zusätzlich wird durch das Einsichtsprinzip festgelegt, dass die verschiedenen Nachunternehmerfirmen lediglich ihnen zugewiesene Datensätze einsehen können (vgl. Abb. 7.60).

Auf diese Art und Weise kann der Nachunternehmer mit in den Workflow eingebunden werden. Gleichzeitig können alle Einsichts- und Bearbeitungsrechte, die sich durch die vertraglichen Beziehungen ergeben, umgesetzt werden. Der Aufwand dafür erscheint zwar auf den ersten Blick sehr hoch zu sein, die nötigen Konfigurationseinstellungen dazu müssen jedoch nur einmal zu Projektbeginn getätigt werden.

#### 4. Leistungsabweichung erkennen und bewerten

Erkennt der AN (GU/NU) während der Prüfung und Bewertung der Planungsänderung eine Leistungsabweichung, wird er seine daraus resultierenden Ansprüche in Form eines Nachtrags geltend machen. Welche BIM-Anwendungen der AN zur Erstellung eines prüfbareren Nachtragsangebots nutzt, wird von dessen BIM-Expertise und Erfahrungen mit der BIM-basierten Arbeitsmethodik abhängen. Die BIM-Anwendungen in diesem Schritt sind jedoch nicht Teil eines BIM-Kollaborationstools. Zwei Beispiele zu potentiellen Anwendungen wurden bereits in Abschnitt 7.2.2 vorgestellt. Mögliche Datenformate wie CPIXML, GAEB oder PDF im Rahmen eines digitalen Nachtragsangebotes können dem AG (GU/BH) über die Collaboration Cloud eingereicht werden. Die Abgabe des Nachtragsangebotes erfolgt in der dafür vorgesehenen Dokumentart „Nachtragsmanagement GU-NU“ bzw. „Nachtragsmanagement GU-BH“.



Abb. 7.61 Nachtragscontrolling

Die Einsichts- und Bearbeitungsrechte werden den Filternamen entsprechend vergeben.

## 5. Nachtragscontrolling

Für die Prüfung des Nachtragsangebotes muss der AG (BH/GU) die gelieferten Daten aus dem Nachtragsmanagement in seine persönliche Arbeitsumgebung importieren und mit geeigneter Software (vgl. Tabelle 6.1) auf Plausibilität prüfen. Mit der Einigung und letztendlich der Beauftragung des AN (GU/NU) zur Ausführung des Nachtrags, kommt es zur beidseitigen Fortschreibung der digitalen Ausführungsunterlagen.

### 7.4.3 Fazit zur Umsetzung mit think project!

Die Kombination aus dem intelligenten Datenmanagement in der think project! Collaboration Cloud und den BIM-Anwendungen im Modul für BIM Collaboration ermöglicht es allen Beteiligten jederzeit Informationen aus Bauwerksmodellen, Dokumenten und Projektkommunikation, in der richtigen Version, Qualität und Detaillierung zielgerichtet einzusetzen. Ein umfangreiches Konfigurationsmanagement unterstützt dabei die Gestaltung des BIM-Anwendungsfalls hinsichtlich der Kommunikations- und Informationspflichten, Zugriffs- und Bearbeitungsrechte, Versionierung und Revisionierung sowie Prüfung und Freigabe. Auf diese Weise ist es möglich das angedachte Szenario der Planungsänderung, bis auf kleinere Einschränkungen was die BIM-Anwendungen betrifft, umsetzen zu können.

Im Zentrum der gemeinsamen Arbeit steht dabei wie immer das gemeinsam genutzte Bauwerksinformationsmodell. Das konsistente Modellmanagement innerhalb der Collaboration Cloud basiert auf der dahinterstehenden Dateinamenskvention. Die auftraggeberseitige Vorgabe des Dateinamens kann somit durchgesetzt werden, ohne die Datenhaltung ständig überprüfen zu müssen. Außerdem werden sämtliche Informationen aus dem Dateinamen ausgelesen und können als Filtereigenschaften der jeweiligen Dokumentart genutzt werden. Besonders in großen Schlüsselfertigbauprojekten, in denen meist eine Vielzahl an Teilmodellen entsteht, ist diese Funktionalität von großem Vorteil.

Um auf Grundlage der Bauwerksmodelle verschiedene Arbeitsprozesse ablaufen zu lassen, bietet die Collaboration Cloud ein umfangreiches Workflowmanagement. Die zur eindeutigen Erfassung einer Änderung notwendigen Eigenschaften können dabei individuell gestaltet werden. Im Rahmen eines BIM-Workflows ist es dabei von großem Vorteil, den gespeicherten Ansichtspunkt über einen Weblink in einen Issue integrieren zu können und somit die Änderungen unmittelbar visualisieren zu können. Über einen einfachen Mausklick gelangt man von einer 2D-basierten Prozessbearbeitung in den integrierten BIM-Viewer und kann sich am 3D-Modell einen Eindruck von den getätigten Änderungen schaffen. Für die Identifizierung getätigter Änderungen ist der AN jedoch auf die manuelle Kennzeichnung des AG angewiesen. Ein automatisierter Revisionsvergleich, der alle hinzugefügten, gelöschten oder geänderten Objekte anzeigt, ist derzeit mit tp! noch nicht möglich. Gerade in Schlüsselfertigbauprojekten, in denen Änderungen häufig im Detail stecken, wäre diese BIM-Funktionalität von entscheidendem Vorteil.

Durch einen eindeutigen Statuswert und das Zuweisen eines verantwortlichen Bearbeiters, wird die Prozessbearbeitung innerhalb der Collaboration Cloud digital gesteuert. Eine entscheidende Funktionalität für die Realisierung des Anwendungsszenarios stellen außerdem die umfangreichen Möglichkeiten zur detaillierten Verwaltung der Einsichts- und Bearbeitungsrechte dar. Jedem Filter können eindeutige Zugriffsrechte zugewiesen werden. Darüber hinaus ist es in tp! möglich, jede Eigenschaft mit bestimmten Bearbeitungsrechten zu versehen. Auf diese Art und Weise ist es möglich alle beteiligten Akteure jederzeit mit den korrekten Informationsressourcen zu versorgen.

## 7.5 Software-Funktionalitäten

Die nachfolgende Tabelle liefert eine abschließende Übersicht über den Funktionsbereich der verwendeten Kollaborationswerkzeuge bzgl. des untersuchten Anwendungsfalls. Dazu wurden alle nötigen und möglichen Funktionalitäten, die zur Umsetzung einer Planungsänderung im Rahmen eines BIM-Kollaborationsprozesses genutzt werden können, identifiziert und hinsichtlich der Umsetzbarkeit im jeweiligen Kollaborationswerkzeug bewertet. Die Bewertung erfolgt dabei in drei verschiedenen Stufen.

✓	-	✗
Vollumfänglich möglich	Eingeschränkt möglich	Nicht möglich / Nicht vorhanden

Tabelle 7.2 Abstufung zur Bewertung des Funktionsbereichs der untersuchten BIM-Kollaborationswerkzeuge

	Funktionsbereich	BIMcollab	BIM 360 Glue, Field, (Team)	think project!
F1	<b>BIM-Modellmanagement</b>	✗	✓	✓
F1.1	<b>Modellverwaltung</b>	✗	✓	✓
	Klassifizierung der Modelle: Codierung, Verschlagwortung, Metadatenprüfung	✗	-	✓
	Versionierung und Revisionierung	✗	✓	✓
	Zugriffs- und Bearbeitungsrechte	✗	✗	✓
	Suchfunktionen: Ordner, Filter	✗	-	✓
	Dateinamensspezifikation	✗	✗	✓
F1.2	<b>Modellkoordination</b>	✗	✓	✓
	Kombination: Fach- und Teilmodelle kombinieren	✗	✓	✓
	Verlinkung von Dokumenten	✗	✓	✓
F1.3	<b>Modellvisualisierung</b>	✗	✓	✓
	Viewer	✗	✓	✓
	Modellinhalte: Strukturen, Elementeigenschaften	✗	✓	✓
	3D-Ansichtspunkte, Annotationen, Kommentare	✗	✓	✓
	Tickets: Kommentare, Aufgaben, Workflows	✗	-	✓
F1.3	<b>Modellauswertung</b>	✗	✓	✓
	Revisionsvergleich: automatisierte	✗	✓	✗

	Funktionsbereich	BIMcollab	BIM 360 Glue, Field, (Team)	think project!
	Änderungserkennung und -verfolgung			
	Kollisionsprüfung	✗	✓	✗
F2	Workflowmanagement	✓	✓	✓
F2.1	Kommunikations- und Informationsverwaltung	✓	✓	✓
	Eindeutige Verantwortlichkeiten	✓	✓	✓
	Eindeutiger Bearbeitungsstand	✓	✓	✓
	Detaillierte Erfassung	✓	✓	✓
	Dokumentierte Historie	✓	✓	✓
	Möglicher Dateianhang / Verlinkung	✗	✓	✓
	Kommentar und Nachrichtenfunktionen	✓	✓	✓
	Suchfunktionen: Ordner, Filter	✓	✓	✓
	Reports	✓	✓	✓
F2.2	Rollen und Rechte	✓	✓	✓
	Detaillierte Verwaltung von Einsichtsrechten	-	-	✓
	Detaillierte Verwaltung von Bearbeitungsrechten	-	-	✓
F2.3	Konfigurationsmanagement	✓	✓	✓
	Hinzufügen von persönlichen Eigenschaftswerten	✓	✓	✓
	Hinzufügen von persönlichen Eigenschaften	✗	✓	✓
	Freie Gestaltung der Eingabemaske	✗	✗	✓
	Verknüpfung von Datensätzen	✗	✗	✓
	Automatisierungsgrad	-	-	✓
F2.3	BCF-Management	✓	✗	✓
	BCF Import & Export	✓	✗	✓
	BCF-Manager	✓	✗	✗

Tabelle 7.3 BIM-Software-Matrix

## 8 Zusammenfassung und Ausblick

Die durchgeführte Meinungsumfrage über die Potentiale eines modellorientierten Arbeitsansatzes in der Leistungsphase 8 (HOAI) zeigt, dass Building Information Modeling (BIM) bereits in der derzeitigen Ausführungspraxis, vor allem jedoch in der Zukunft als ein wesentliches Element der effizienten und unternehmensübergreifenden Projektbearbeitung erkannt wird. Dennoch wurden auch viele kritische Einschätzungen und offene Handlungsfelder festgestellt, die im Rahmen einer effizienten Umsetzung BIM-basierter Anwendungsfälle im Detail zu diskutieren sind. Zum einen konnten hier die Handlungsfelder Vertragswesen und Standardisierung identifiziert werden und zum anderen auch die Anforderungen an bestehende Softwaresysteme. Die BIM-immanente gemeinschaftliche Arbeitsmethodik wird derzeit in der Ausformulierung von Planungs- und Bauverträgen noch nicht ausreichend berücksichtigt und ist somit in bestehenden Organisationsstrukturen häufig nicht vollumfänglich bzw. wirksam umsetzbar. Die Bereitschaft beispielsweise Auswirkungen von Änderungen hinsichtlich Kosten, Termine, Qualitäten und Quantitäten gemeinschaftlich zu bewerten, hängt im Wesentlichen von der Anwendung entsprechend transparenter Bauvertragsmodelle ab. Erst eine kooperative anstelle einer sequentiellen Prozessbearbeitung kann das volle Potential der BIM-Methodik ausschöpfen. Für das Erreichen seiner Projektziele ist es zudem wichtig vertraglich festzulegen, welche exakten Ziele mit BIM verfolgt werden und wie die BIM-Methodik in expliziten BIM-Anwendungsfällen umgesetzt werden soll. Hierzu gilt es einheitliche Modellierungsrichtlinien und Prozessabläufe innerhalb eines Projekthandbuches verbindlich vorzugeben, welche dann als Vertragsgrundlage herangezogen werden können. Dafür können auch für komplexe Bauaufgaben sich wiederholende Teilprozesse identifiziert werden, die mit ausgewählten Notationen übersichtlich dargestellt und beschrieben werden können.

Eine gewisse Skepsis herrschte außerdem gegenüber den verschiedenen Softwareanbietern. Die Komplexität des Datenaufbaus, beispielsweise zur Abbildung von konstruktiven Details, erschien vielen Probanden dabei zu hoch, um einen verlustfreien Datenaustausch gewährleisten zu können. Innerhalb eines Projektes aus dem Schlüsselfertigbau sollte in jedem Fall ein LOD 500 verwendet werden, um die Bauwerksmodelle in allen Fachbereichen nutzen zu können. Für einen konsistenten Datenaustausch sollte daher eine festgelegte Informationsdichte bzgl. der Teil- und Koordinationsmodelle festgelegt werden. In diesem Zusammenhang wird zukünftig besonders den Model View Definitionen (MVD) eine besondere Bedeutung zukommen. Eine weitere Möglichkeit den Informationsaustausch zu erleichtern bietet das BIM Collaboration Format (BCF). Gerade in der Ausführungsphase, in der eine Vielzahl an Informationen ausgetauscht werden muss, ist es dabei von großem Vorteil die Kommunikation über ein Bauwerksmodell ablaufen lassen zu können, ohne jedes Mal die jeweiligen IFC-Dateien austauschen zu müssen.

Was die Umsetzung einer modellbasierten Planungsänderung betrifft, bleibt zunächst festzuhalten, dass eine Umsetzung des Anwendungsszenarios mit keinem der untersuchten Kollaborationswerkzeuge in vollem Umfang möglich war. Alle Softwareprodukte hatten dabei sowohl Vor- als auch Nachteile ihre Funktionalitäten betreffend.

Infolge der Tatsache, dass im Rahmen eines Änderungsmanagements immer auch IFC-Dateien ausgetauscht werden müssen, stellt BIMcollab für diesen BIM-Anwendungsfall lediglich eine Ergänzungsmöglichkeit dar. Änderungen, die in einer entsprechenden BCFZIP-Datei kommuniziert werden, sind für den Empfänger erst nach dem Import der aktualisierten IFC-Datei in die eigene Arbeitsumgebung visualisierbar. Ungeachtet dessen bietet BIMcollab eine einfach zu bedienende und übersichtliche Verwaltung von Issues zwischen verschiedenen Vertragsparteien.

Die BIM360 Lösungen sind derzeit noch in einzelne Produktanwendungen untergliedert. Dieser Umstand gestaltet die Implementierung unternehmensübergreifender BIM-Prozesse teilweise sehr umständlich, was zu keiner breiten Akzeptanz in der Praxis führen dürfte. Hinzu kommt, dass für die Umsetzung spezifischer Anwendungsfälle häufig nur eine einzelne Funktionalität aus einem bestimmten BIM 360 Produkt benötigt wird. Für einen Revisionsvergleich muss beispielsweise extra die BIM 360 Team Anwendung verwendet werden, um den Workflow komplettieren zu können. In diesem Zusammenhang spielt vor allem auch das Thema Wirtschaftlichkeit eine entscheidende Rolle für die Anwender.

Das Modul BIM Collaboration in Kombination mit der dazugehörigen Collaboration Cloud der Firma think project! bietet zwar ein umfangreiches Workflowmanagement, hat jedoch noch Defizite in der Modellauswertung. Ein automatisierter Revisionsvergleich ist derzeit noch nicht möglich.

Allen Kollaborationswerkzeugen gemein ist die Herausforderung während der Umsetzung einer modellbasierten Planungsänderung die geänderten Fachmodelle in eine konsistente Systemumgebung zu integrieren. Erstens gibt es eine Vielzahl an Änderungen, die in einem Bauprojekt auftreten können und zweitens müssen die Auswirkungen von geänderten Fachmodellen auf die bestehende Modellstruktur unbedingt erkannt und berücksichtigt werden. Es muss in jedem Fall sichergestellt werden, dass das BIM-Modell stets aktuell gehalten wird und mit der zu erbringenden Bauleistung übereinstimmt.

Abschließend lässt sich festhalten, dass für eine erfolgreiche Implementierung der BIM-Methodik in der unternehmensübergreifenden Prozessbearbeitung und kooperativen Nutzung von digitalen Bauwerksmodellen in Zukunft weitere Ansätze im Bereich der Kooperationsmethoden entwickelt werden müssen, die im Rahmen eines BIM-Einsatzes verwendet werden können. Das primäre Ziel muss dabei die Integration der Modell- und Prozessebene sein.

## A. Fragebogen

### Bewertung von BIM-Anwendungsfällen

Sehr geehrte Damen und Herren,

im Rahmen meiner Masterarbeit am Lehrstuhl für Computergestützte Modellierung und Simulation, der Teil der Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt an der Technischen Universität München ist, möchte ich Sie herzlich zur Teilnahme an dieser Umfrage einladen. Die Masterarbeit entsteht in Kooperation mit der think project! GmbH.

BIM – Building Information Modeling – ist eine Arbeits- und Planungsmethode, die für die Vernetzung und Bündelung der baurelevanten Informationen sorgt. Planung, Ausführung, Betrieb und Bewirtschaftung von Gebäuden werden nahezu ausschließlich auf Basis von digitalen Modellen realisiert. Die konkrete Umsetzung der BIM-Methodik erfolgt in Form von BIM-Anwendungsfällen. Ein BIM-Anwendungsfall stellt also ein definiertes DatenaustauschszENARIO dar, für das bestimmte Daten und Informationen aus einem digitalen Gebäudemodell definiert, erstellt, verändert oder weitergegeben werden. Mit einem BIM-Anwendungsfall wird also ein vorher klar definiertes Ziel verfolgt.

Bislang gibt es keine klare Übersicht möglicher BIM-Anwendungsfälle. Ziel der Masterarbeit wird die Bereitstellung einiger standardisierter Anwendungsfälle mit konkreten Handlungsempfehlungen für die Ausführungsphase sein, die den Einstieg sowie die Umsetzung eines BIM-basierten Arbeitsansatzes in der Leistungsphase 8 für alle beteiligten Akteure erleichtern sollen. Die BIM-Anwendungsfälle können dann beispielsweise Teil eines vertraglich festgelegten BIM-Pflichtenheftes werden, das die BIM-Datenanforderungen und die BIM-Modellierungsrichtlinien in Abhängigkeit des gewählten Anwendungsfalles definiert. Für das Erreichen seiner BIM-Ziele ist die frühzeitige Festlegung der BIM-Anwendungsfälle folglich ein wichtiges Instrument.

Die Bewertung einiger vordefinierter BIM-Anwendungsfälle erfolgt anhand dieser Umfrage in der deutschen Bauwirtschaft. Ziel dieser Umfrage ist es die Anwendungsfälle zu identifizieren, bei denen aus Sicht der Praxis das größte Potential und der größte Handlungsbedarf in Bezug auf eine BIM-basierten Umsetzung besteht.

Bitte beantworten Sie dazu die folgenden Fragen nach bestem Wissen und Gewissen. Ihre Angaben werden ausschließlich anonym erhoben, so dass Rückschlüsse auf Ihre Person und Ihr Unternehmen dementsprechend nicht möglich sind. Sollten Sie am Ergebnis der Umfrage interessiert sein, können Sie mir gerne eine Nachricht zukommen lassen.

Die Bearbeitungszeit beträgt ca. 10 Minuten.

Vielen Dank im Voraus und beste Grüße,  
Johannes Reichle

\* **Erforderlich**

### Allgemeiner Teil

Bitte beantworten Sie folgende Fragen

1. **Welcher Gruppe gehört Ihr Unternehmen an? (Mehrfachauswahl möglich) \***

*Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.*

- Planer (Generalplaner, Architekten, Fachplaner)
- Projektsteuerer / Projektmanager
- Ausführende (GU, Bauunternehmen)
- Öffentliche Hand
- Bauherr
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

2. **Wie viele Mitarbeiter sind in Ihrem Unternehmen tätig? \***

\_\_\_\_\_

3. **Haben Sie bereits Erfahrung im Umgang mit BIM? \***

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Ja  
 Nein

4. **Welche Position haben Sie in Ihrem Unternehmen? \***

*Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.*

- Inhaber  
 Management  
 Projektleiter  
 Projektmitarbeiter  
 Sonstiges: \_\_\_\_\_

## BIM-Anwendungsfälle

Es werden im Folgenden zwei Hypothesen bezüglich der Effizienz und der Effektivität der Prozessbearbeitung durch einen modellorientierten Arbeitsansatz aufgestellt, die durch die Validierung der einzelnen Anwendungsszenarien im Rahmen der Masterarbeit beurteilt werden:

### EFFIZIENZ DER PROZESSABWICKLUNG

Wirtschaftliche Effizienz beschreibt das Verhältnis zwischen dem erreichten Erfolg und dem dafür erforderlichen Aufwand (z.B. Kosten).

**HYPOTHESE 1:** Eine integrierte Arbeitsmethodik auf Grundlage eines konsistenten, digitalen Gebäudemodells steigert die Effizienz der Steuerungs- und Koordinationsprozesse und führt zu geringeren Planungs- und Genehmigungszeiten sowie einem reduzierten Ressourceneinsatz während der Bauausführung.

### EFFEKTIVITÄT DER PROZESSABWICKLUNG

Effektivität ist ein Maß für Wirksamkeit, das Aufschluss darüber gibt wie nahe ein erzieltes Ergebnis dem angestrebten Ergebnis gekommen ist (unabhängig vom Aufwand).

**HYPOTHESE 2:** Mit digitalen Bauwerksmodellen können alle Gewerke integriert geplant, die Bauaufgaben transparent dargestellt und die Projektinformationen durchgängig genutzt werden. Somit hat ein modellorientierter Ansatz das Potential, die Prozesse für alle Projektbeteiligten effektiver zu gestalten.

Zu den aufgestellten Hypothesen sind die folgenden Anwendungsfälle zu validieren.

Um die Zahl der möglichen Anwendungsszenarien einzugrenzen werden in dieser Umfrage lediglich Anwendungsfälle im direkten Einflussbereich der VOB bewertet.

Die Kriterien und Antwortmöglichkeiten bei den kommenden Anwendungsszenarien bleiben dabei immer gleich.

## Anwendungsfall: Änderungsmanagement

Beschreibung: Nutzen eines digitalen Gebäudemodells zur (teil-)automatisierten Prüfung und Steuerung von Änderungsanordnungen bzw. -vorschlägen nach einheitlichem Workflow.

Modellbasierte Beurteilung der Auswirkungen von Änderungen hinsichtlich Kosten, Termine, Qualitäten und Quantitäten. Nutzen des digitalen Modells als Entscheidungs- und Diskussionsgrundlage bzgl. Alternativen.

5. Bitte beantworten Sie folgende Fragen zum beschriebenen Anwendungsszenario \*

Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.

	nein	ja
Die Umsetzung des Anwendungsfalls oder eines ähnlichen Szenarios ist angedacht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der beschriebenen Anwendungsfall oder ein ähnliches Szenario wird bereits modellorientiert umgesetzt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der Anwendungsfall (das Szenario) wird in den nächsten 5 Jahren durchaus üblich sein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Sonstige Hinweise zu dem beschriebenen Anwendungsszenario:

---



---



---



---



---

7. Bewertung des Anwendungsfalls: Bitte beurteilen Sie den Mehrwert der folgenden Kriterien bezogen auf den oben beschriebenen Anwendungsfall \*

Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.

	gar nicht	eher nicht	eher schon	maßgeblich
Visualisierung am Modell	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Unmittelbar verfügbare Informationen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hohe Daten- und Informationsqualität	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduzierter Ressourceneinsatz für die Prozessbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduzierter zeitlicher Aufwand der Prozessbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fehlervermeidung (z.B. Mehrfacheingaben)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Erhöhte Terminalsicherheit für die gesamte Projektbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bessere Kontrolle während der Prozessbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Steigerung der Kostensicherheit und Produktivität	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Besseres Projektergebnis für alle Beteiligten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Anwendungsfall: Qualitätsmanagement

Beschreibung: Verfügbarkeit eines systematisierten bauteilbezogenen Qualitäts- und Terminmanagements auf Basis eines digitalen Gebäudemodells einschließlich transparenter Verfolgung und Verwaltung entsprechender Abweichungen mittels hierfür geeigneter BIM-Viewer sowie digitaler Planungs- und Analysewerkzeuge – für alle Projektbeteiligten.

8. Bitte beantworten Sie folgende Fragen zum beschriebenen Anwendungsszenario \*

Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.

	nein	ja
Die Umsetzung des Anwendungsfalls oder eines ähnlichen Szenarios ist angedacht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der beschriebenen Anwendungsfall oder ein ähnliches Szenario wird bereits modellorientiert umgesetzt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der Anwendungsfall (das Szenario) wird in den nächsten 5 Jahren durchaus üblich sein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9. Sonstige Hinweise zu dem beschriebenen Anwendungsszenario:

---



---



---



---



---

10. Bewertung des Anwendungsfalls: Bitte beurteilen Sie den Mehrwert der folgenden Kriterien bezogen auf den oben beschriebenen Anwendungsfall \*

Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.

	gar nicht	eher nicht	eher schon	maßgeblich
Visualisierung am Modell	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Unmittelbar verfügbare Informationen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hohe Daten- und Informationsqualität	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduzierter Ressourceneinsatz für die Prozessbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduzierter zeitlicher Aufwand der Prozessbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fehlervermeidung (z.B. Mehrfacheingaben)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Erhöhte Terminalsicherheit für die gesamte Projektbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bessere Kontrolle während der Prozessbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Steigerung der Kostensicherheit und Produktivität	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Besseres Projektergebnis für alle Beteiligten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Anwendungsfall: Abnahme und Mängelansprüche nach BGB + VOB/B

Beschreibung: Nutzung des digitalen Gebäudemodells für einen bauteilorientierten Austausch zwischen allen Projektbeteiligten zur Vorbereitung, Durchführung und Dokumentation der Abnahme. Verfügbarkeit / Weiterverwendung des AG-Abnahmeprotokolls zur (teil-)automatisierten Steuerung und Verfolgung der Mängelbeseitigung auf allen Ebenen der Projektbeteiligten.

11. **Bitte beantworten Sie folgende Fragen zum beschriebenen Anwendungsszenario \***

Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.

	nein	ja
Die Umsetzung des Anwendungsfalls oder eines ähnlichen Szenarios ist angedacht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der beschriebenen Anwendungsfall oder ein ähnliches Szenario wird bereits modellorientiert umgesetzt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der Anwendungsfall (das Szenario) wird in den nächsten 5 Jahren durchaus üblich sein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

12. **Sonstige Hinweise zu dem beschriebenen Anwendungsszenario:**

---



---



---



---



---

13. **Bewertung des Anwendungsfalls: Bitte beurteilen Sie den Mehrwert der folgenden Kriterien bezogen auf den oben beschriebenen Anwendungsfall \***

Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.

	gar nicht	eher nicht	eher schon	maßgeblich
Visualisierung am Modell	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Unmittelbar verfügbare Informationen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hohe Daten- und Informationsqualität	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduzierter Ressourceneinsatz für die Prozessbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduzierter zeitlicher Aufwand der Prozessbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fehlervermeidung (z.B. Mehrfacheingaben)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Erhöhte Terminalsicherheit für die gesamte Projektbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bessere Kontrolle während der Prozessbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Steigerung der Kostensicherheit und Produktivität	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Besseres Projektergebnis für alle Beteiligten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Anwendungsfall: Gewährleistungsmanagement

Beschreibung: Nutzung des digitalen Gebäudemodells als Arbeits- und Beweisgrundlage während der Gewährleistungsphase für eine effiziente und rechtssichere Gewährleistungsbearbeitung und -verfolgung.

14. Bitte beantworten Sie folgende Fragen zum beschriebenen Anwendungsszenario \*

Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.

	nein	ja
Die Umsetzung des Anwendungsfalls oder eines ähnlichen Szenarios ist angedacht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der beschriebenen Anwendungsfall oder ein ähnliches Szenario wird bereits modellorientiert umgesetzt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der Anwendungsfall (das Szenario) wird in den nächsten 5 Jahren durchaus üblich sein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15. Sonstige Hinweise zu dem beschriebenen Anwendungsszenario:

---



---



---



---



---

16. Bewertung des Anwendungsfalls: Bitte beurteilen Sie den Mehrwert der folgenden Kriterien bezogen auf den oben beschriebenen Anwendungsfall \*

Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.

	gar nicht	eher nicht	eher schon	maßgeblich
Visualisierung am Modell	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Unmittelbar verfügbare Informationen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hohe Daten- und Informationsqualität	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduzierter Ressourceneinsatz für die Prozessbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduzierter zeitlicher Aufwand der Prozessbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fehlervermeidung (z.B. Mehrfacheingaben)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Erhöhte Terminalsicherheit für die gesamte Projektbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bessere Kontrolle während der Prozessbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Steigerung der Kostensicherheit und Produktivität	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Besseres Projektergebnis für alle Beteiligten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Anwendungsfall: Bedenkenanmeldung

Beschreibung: Nutzung des 3D- oder 5D-Modells als Kollaborationsgrundlage zwischen dem AG und den AN für eine ordnungsgemäße Stellung und schnelle Abwicklung einer Bedenkenanzeige durch direkte Verknüpfung mit Raum- oder Bauteilen. Modellorientierte Prüfung der Anzeige dem Grunde nach / Nutzung der Fachmodelle zur Diskussion über Alternativvorschläge.

17. Bitte beantworten Sie folgende Fragen zum beschriebenen Anwendungsszenario \*

Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.

	nein	ja
Die Umsetzung des Anwendungsfalls oder eines ähnlichen Szenarios ist angedacht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der beschriebenen Anwendungsfall oder ein ähnliches Szenario wird bereits modellorientiert umgesetzt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der Anwendungsfall (das Szenario) wird in den nächsten 5 Jahren durchaus üblich sein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

18. Sonstige Hinweise zu dem beschriebenen Anwendungsszenario:

---



---



---



---



---

19. Bewertung des Anwendungsfalls: Bitte beurteilen Sie den Mehrwert der folgenden Kriterien bezogen auf den oben beschriebenen Anwendungsfall \*

Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.

	gar nicht	eher nicht	eher schon	maßgeblich
Visualisierung am Modell	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Unmittelbar verfügbare Informationen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hohe Daten- und Informationsqualität	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduzierter Ressourceneinsatz für die Prozessbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduzierter zeitlicher Aufwand der Prozessbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fehlervermeidung (z.B. Mehrfacheingaben)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Erhöhte Terminalsicherheit für die gesamte Projektbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bessere Kontrolle während der Prozessbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Steigerung der Kostensicherheit und Produktivität	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Besseres Projektergebnis für alle Beteiligten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Anwendungsfall: Behinderungsanzeige

Beschreibung: Nutzung des 3D- bzw. 5D-Modells für eine objektorientierte Kommunikation zwischen den beteiligten Parteien für eine ablauforientierte Aufbereitung und Darstellung von Veränderungen und Störungen des Bauablaufs sowie einer bauteilorientierten Beschreibung der Auswirkungen.

20. **Bitte beantworten Sie folgende Fragen zum beschriebenen Anwendungsszenario \***

Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.

	nein	ja
Die Umsetzung des Anwendungsfalls oder eines ähnlichen Szenarios ist angedacht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der beschriebenen Anwendungsfall oder ein ähnliches Szenario wird bereits modellorientiert umgesetzt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der Anwendungsfall (das Szenario) wird in den nächsten 5 Jahren durchaus üblich sein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

21. **Sonstige Hinweise zu dem beschriebenen Anwendungsszenario:**

---



---



---



---



---

22. **Bewertung des Anwendungsfalls: Bitte beurteilen Sie den Mehrwert der folgenden Kriterien bezogen auf den oben beschriebenen Anwendungsfall \***

Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.

	gar nicht	eher nicht	eher schon	maßgeblich
Visualisierung am Modell	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Unmittelbar verfügbare Informationen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hohe Daten- und Informationsqualität	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduzierter Ressourceneinsatz für die Prozessbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduzierter zeitlicher Aufwand der Prozessbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fehlervermeidung (z.B. Mehrfacheingaben)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Erhöhte Terminalsicherheit für die gesamte Projektbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bessere Kontrolle während der Prozessbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Steigerung der Kostensicherheit und Produktivität	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Besseres Projektergebnis für alle Beteiligten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Anwendungsfall: Mehr-/ Minderkostenfeststellung bzw. -anmeldung**

Beschreibung: Nutzung des digitalen Gebäudemodells zur (teil-)automatisierten Leistungsabrechnung, Kontrolle der Meldungen und zum verbesserten Umgang mit Rechnungsposten und Abzügen im Einzelnen (in Abhängigkeit von der Anspruchsgrundlage).

**23. Bitte beantworten Sie folgende Fragen zum beschriebenen Anwendungsszenario \***

Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.

	nein	ja
Die Umsetzung des Anwendungsfalls oder eines ähnlichen Szenarios ist angedacht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der beschriebenen Anwendungsfall oder ein ähnliches Szenario wird bereits modellorientiert umgesetzt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der Anwendungsfall (das Szenario) wird in den nächsten 5 Jahren durchaus üblich sein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**24. Sonstige Hinweise zu dem beschriebenen Anwendungsszenario:**

---



---



---



---



---

**25. Bewertung des Anwendungsfalls: Bitte beurteilen Sie den Mehrwert der folgenden Kriterien bezogen auf den oben beschriebenen Anwendungsfall \***

Markieren Sie nur ein Oval pro Zeile.

	gar nicht	eher nicht	eher schon	maßgeblich
Visualisierung am Modell	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hohe Daten- und Informationsqualität	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Unmittelbar verfügbare Informationen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduzierter Ressourceneinsatz für die Prozessbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduzierter zeitlicher Aufwand der Prozessbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fehlervermeidung (z.B. Mehrfacheingaben)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Erhöhte Terminalsicherheit für die gesamte Projektbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bessere Kontrolle während der Prozessbearbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Steigerung der Kostensicherheit und Produktivität	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Besseres Projektergebnis für alle Beteiligten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Kommentare und Anregungen zur Umfrage

Vielen Dank, dass Sie sich die Zeit genommen haben und an der Umfrage teilgenommen haben. Geben Sie zum Abschluss gerne noch Anregungen und Kommentare zur Umfrage über die Textbox ein.

## B. Auswertung der Umfrage

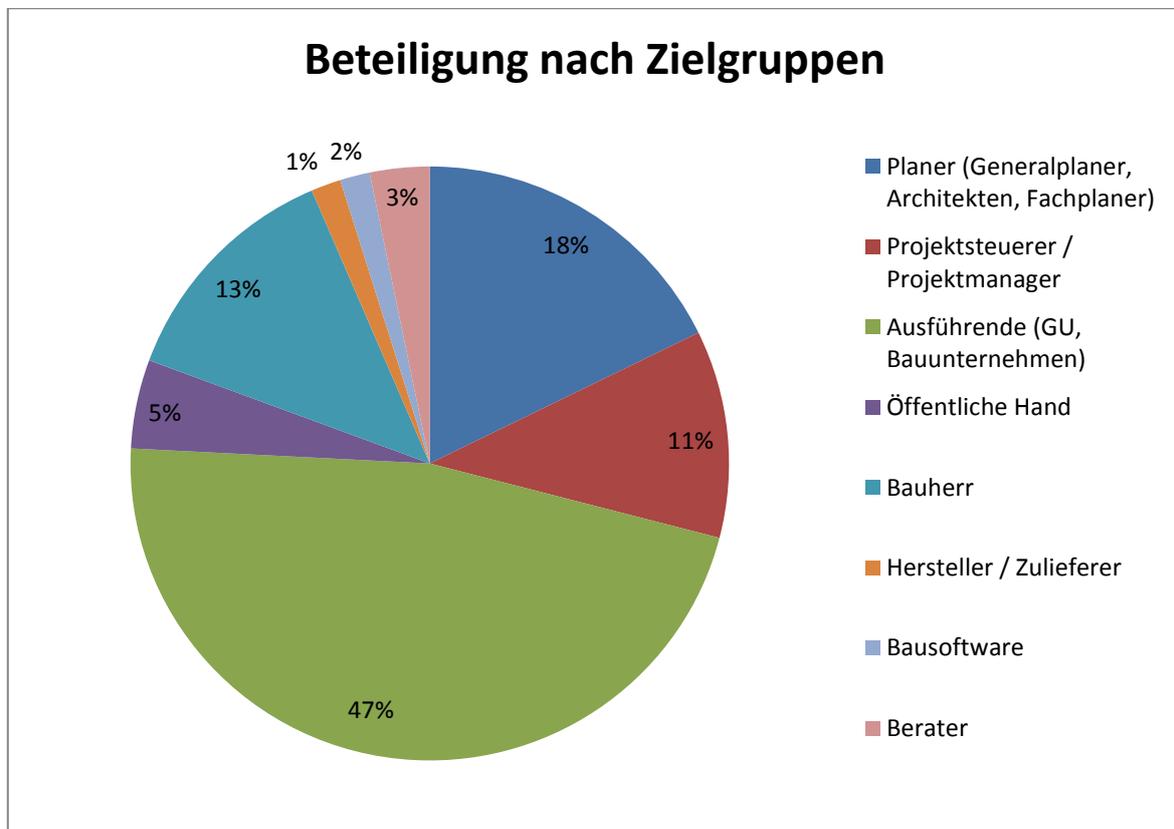


Abb. B.1 „Welcher Gruppe gehört Ihr Unternehmen an?“

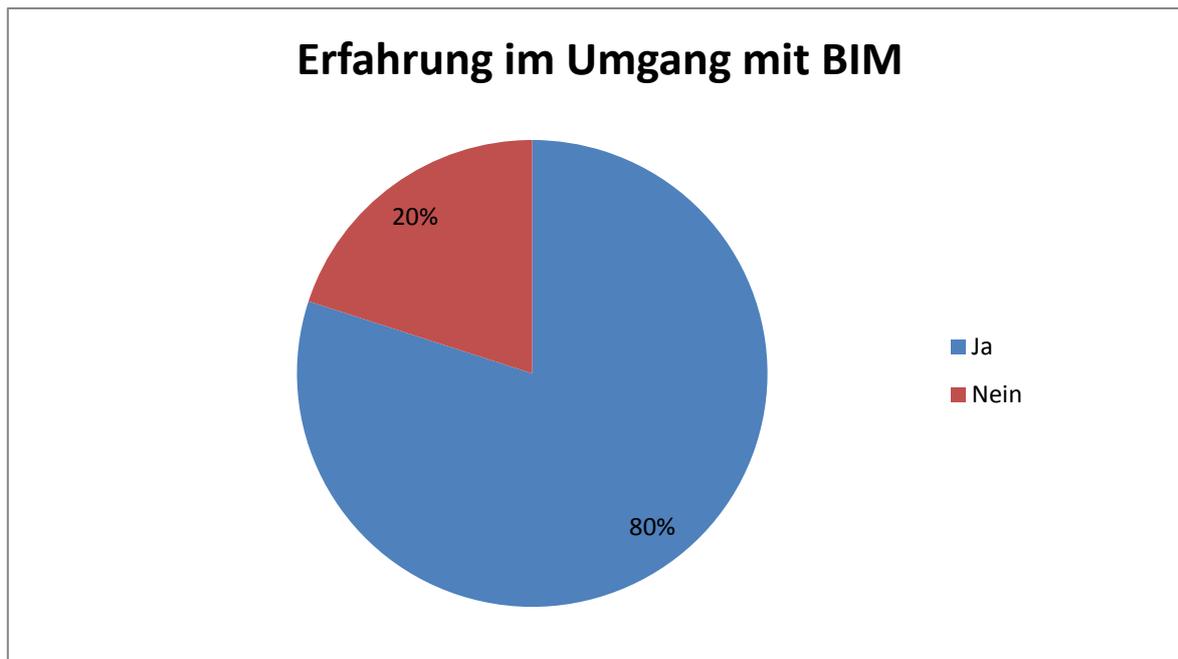


Abb. B.2 „Haben Sie bereits Erfahrung im Umgang mit BIM?“

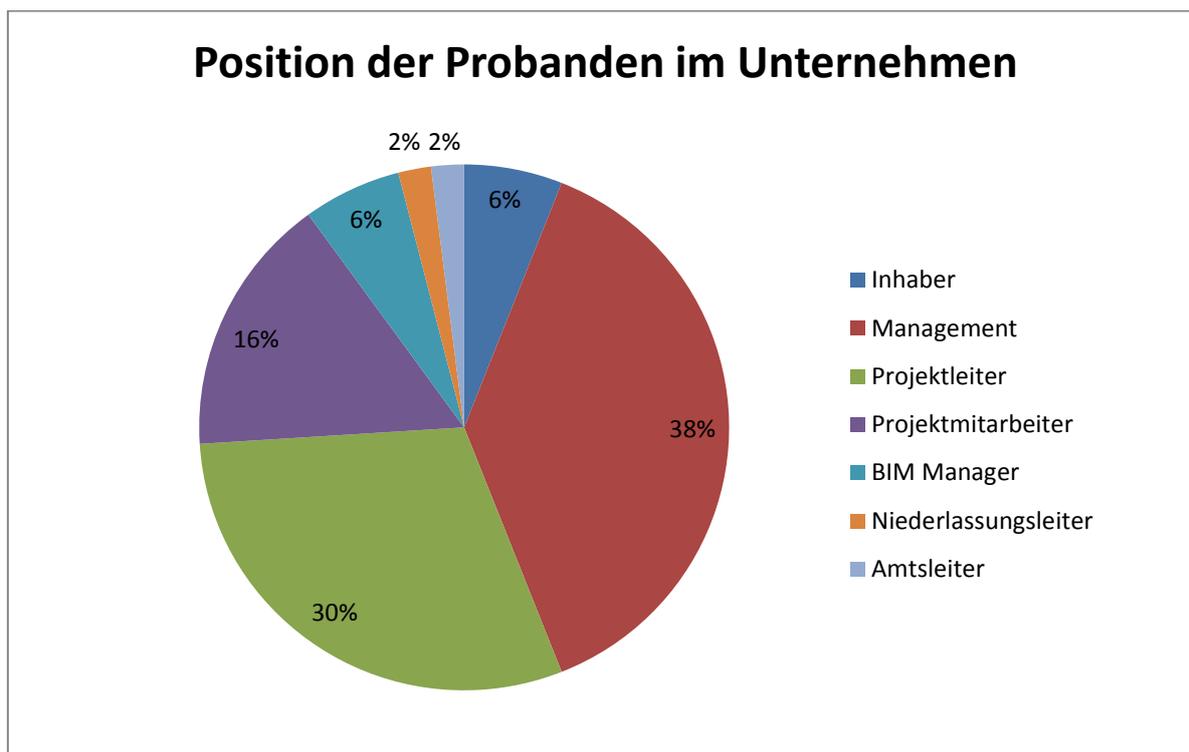


Abb. B.3 „Welche Position haben Sie in Ihrem Unternehmen?“

### Anwendungsfall: Änderungsmanagement

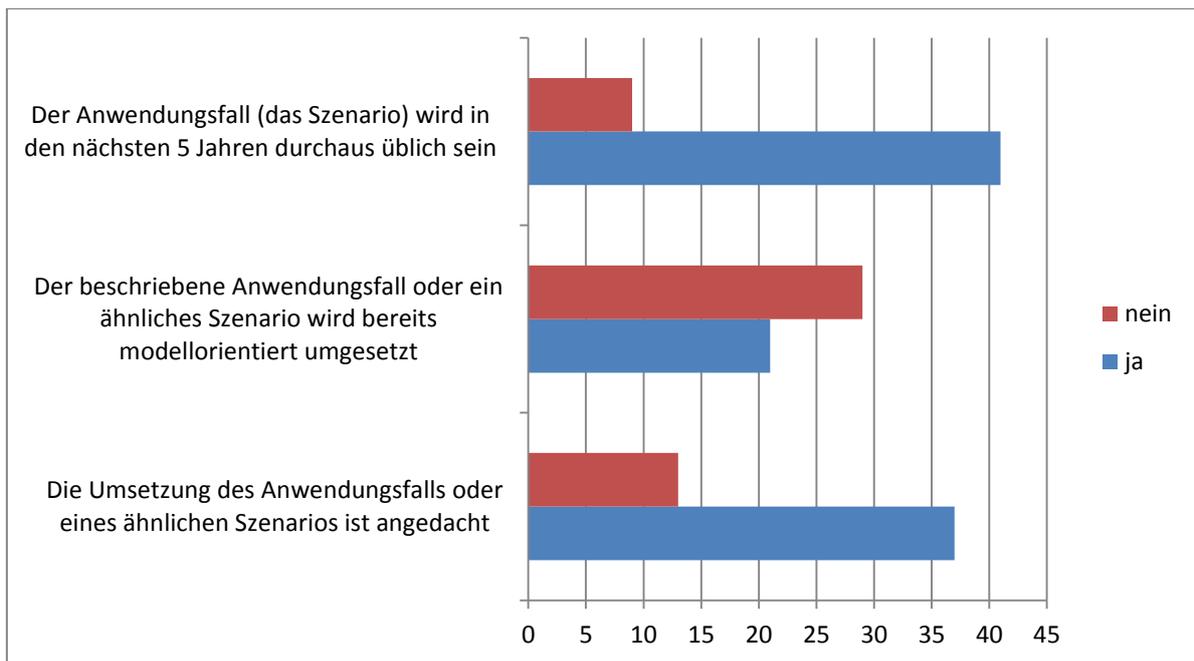


Abb. B.4 „Bitte beantworten Sie folgende Fragen zu einem modellbasierten Änderungsmanagement“

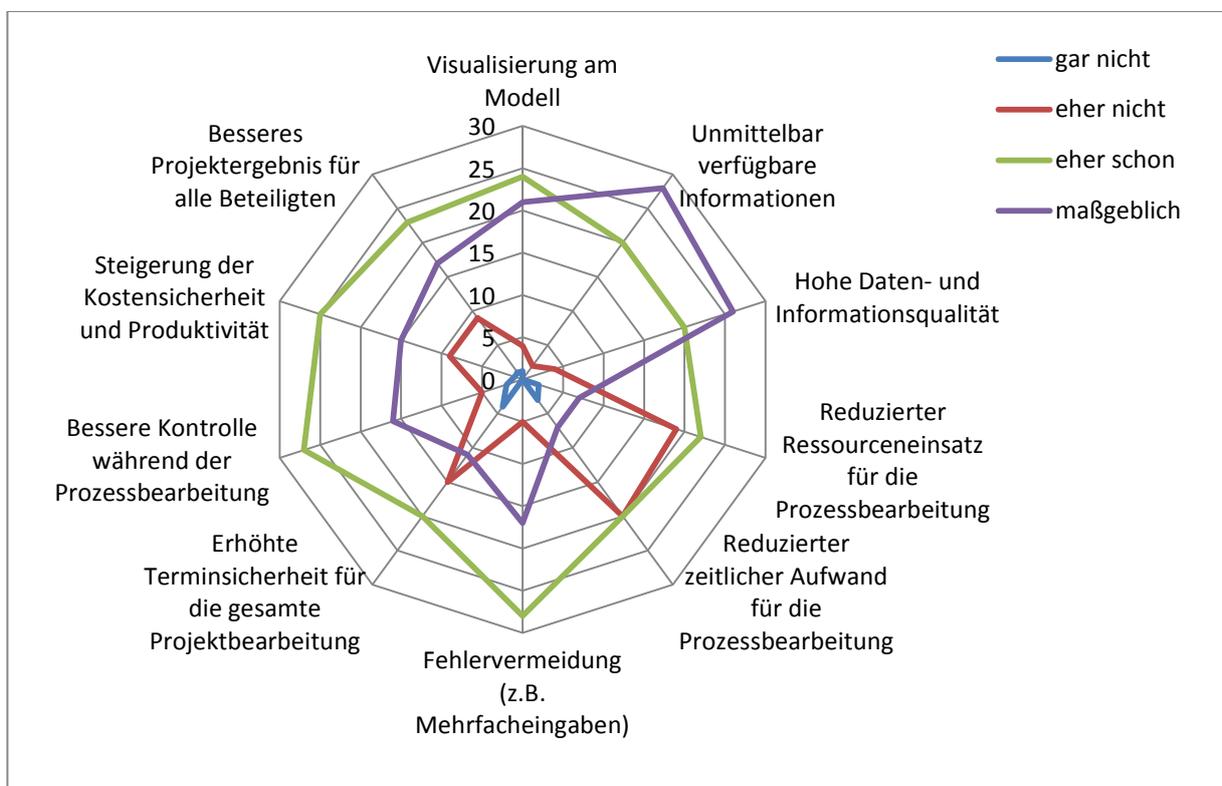


Abb. B.5 Mehrwert eines modellorientierten Änderungsmanagements

### Anwendungsfall: Qualitätsmanagement

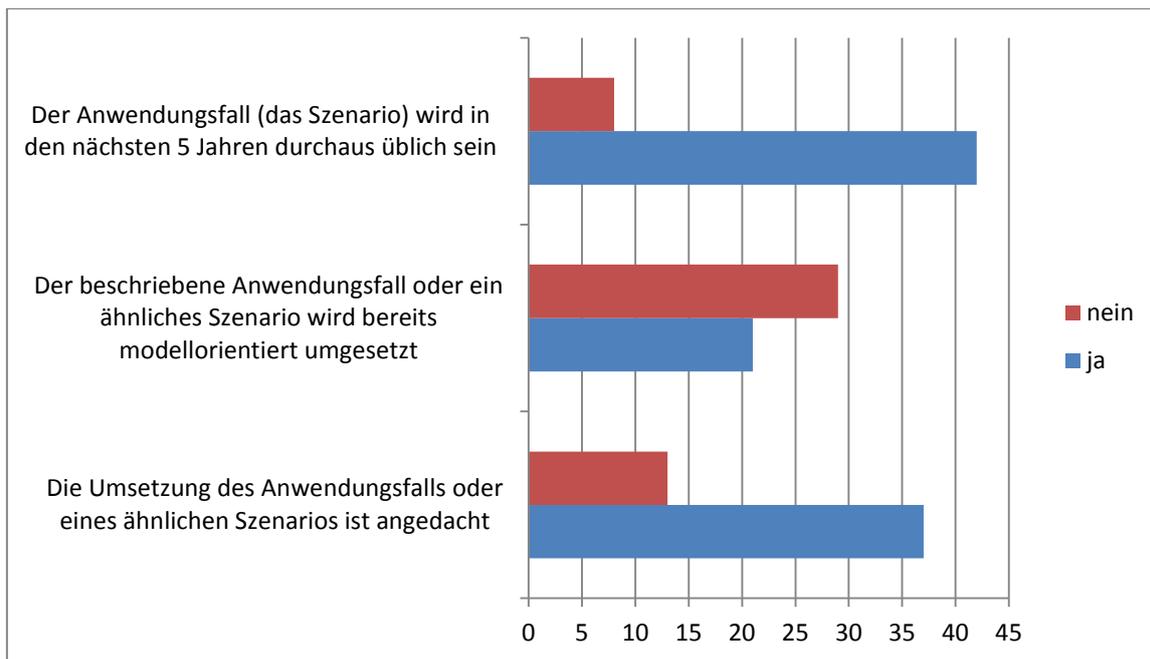


Abb. B.6 „Bitte beantworten Sie folgende Fragen zu einem modellbasierten Qualitätsmanagement“

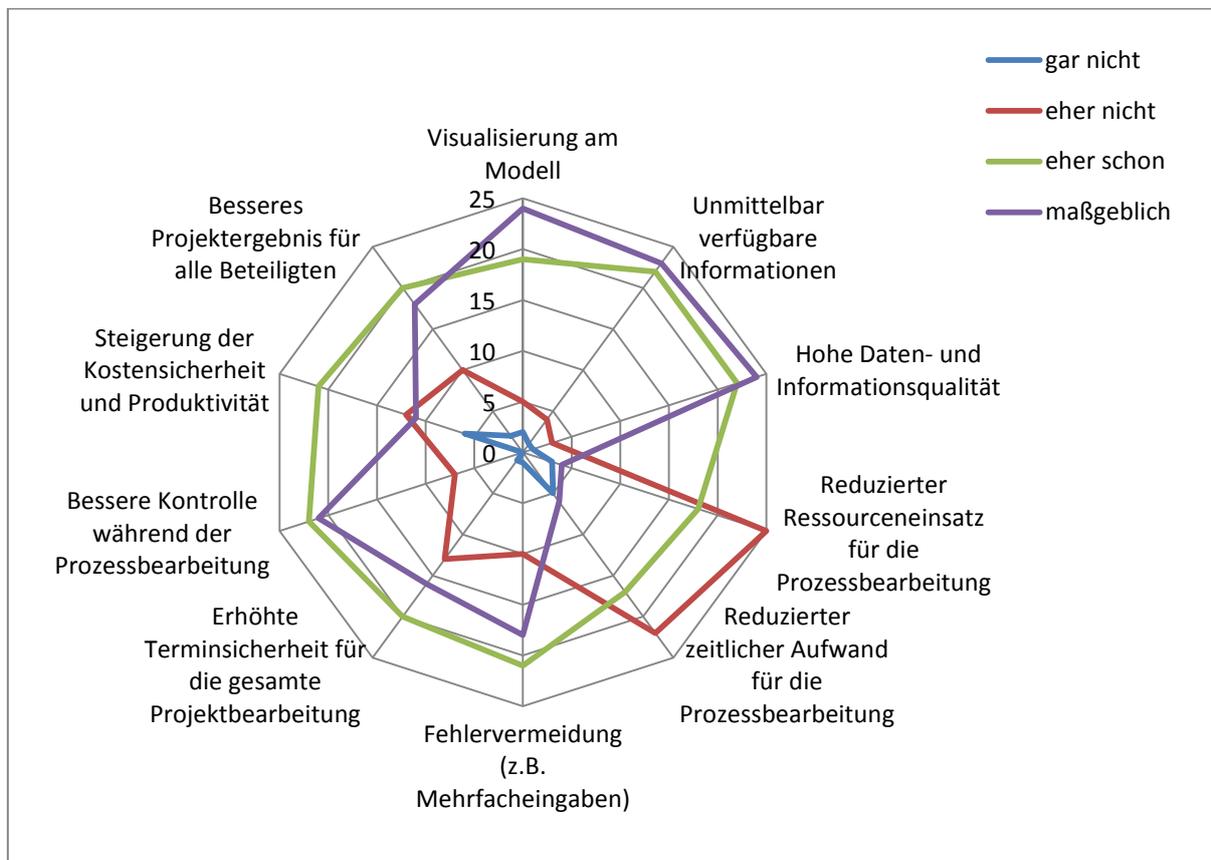


Abb. B.7 Mehrwert eines modellorientierten Qualitätsmanagements

### Anwendungsfall: Abnahme und Mängelansprüche nach BGB + VOB/B

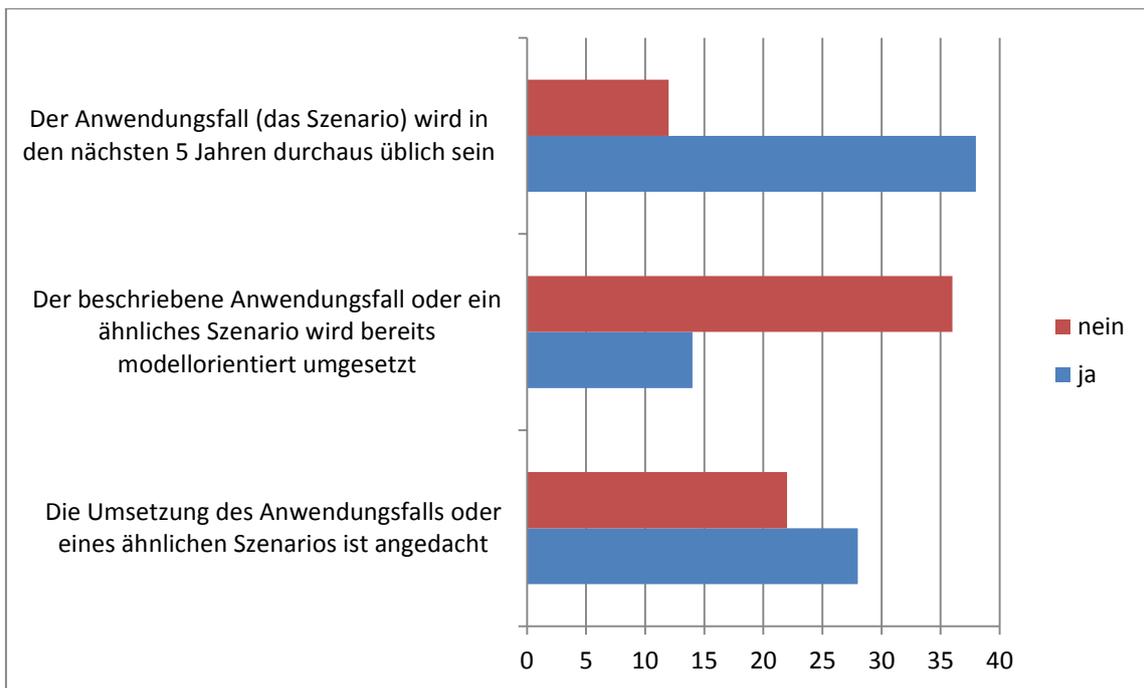


Abb. B.8 „Bitte beantworten Sie folgende Fragen zu einer modellbasierten Abnahme“

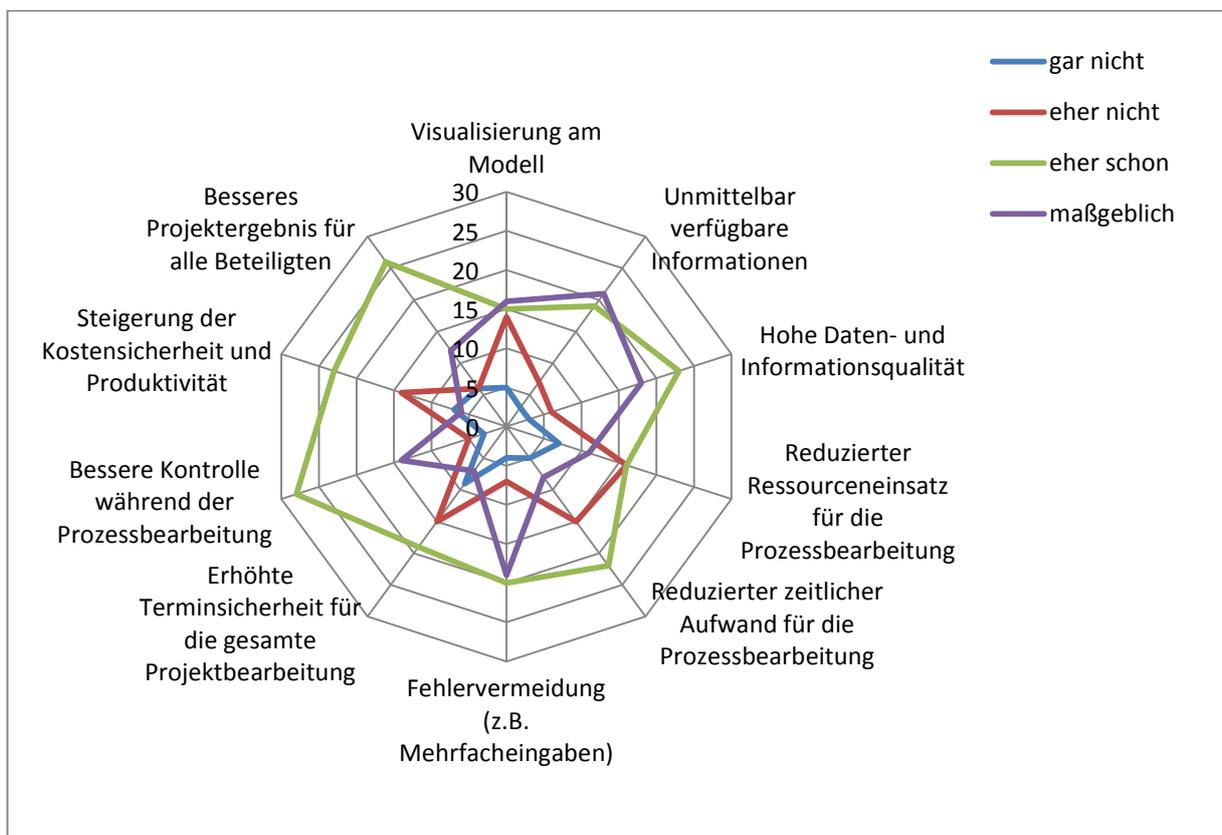


Abb. B.9 Mehrwert einer modellbasierten Abnahme und Sicherstellung von Mängelansprüchen

### Anwendungsfall: Gewährleistungsmanagement

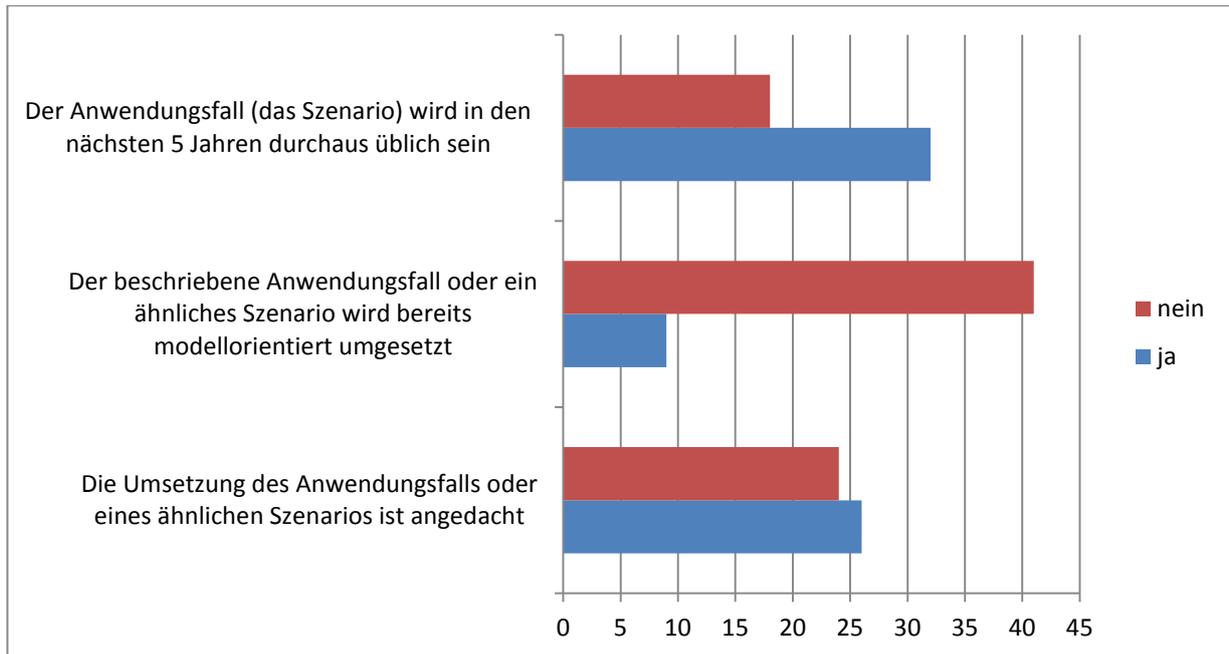


Abb. B.10 „Bitte beantworten Sie folgende Fragen zu einem modellbasierten Gewährleistungsmanagement“

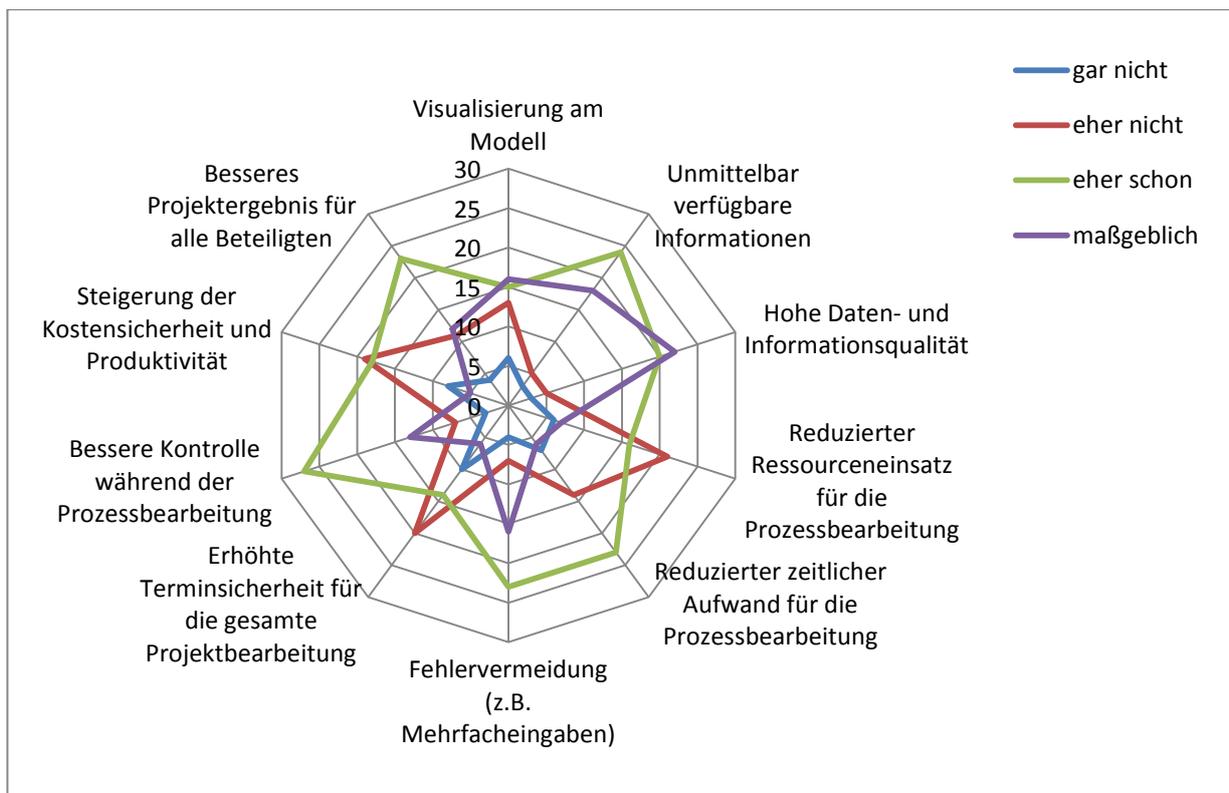


Abb. B.11 Mehrwert eines modellbasierten Gewährleistungsmanagements

### Anwendungsfall: Gewährleistungsmanagement

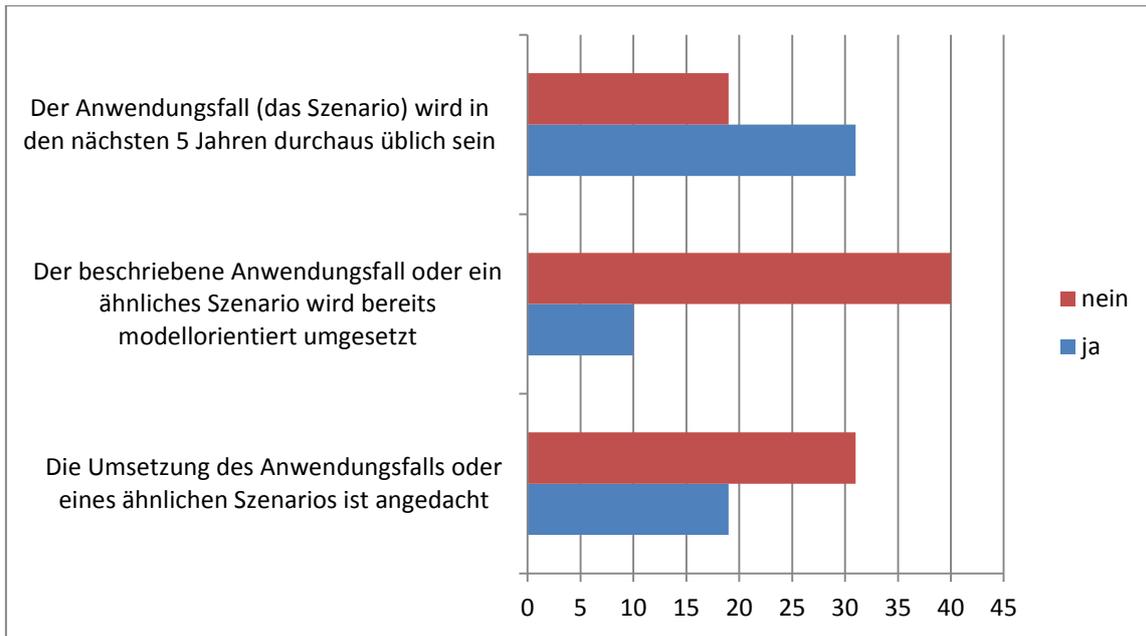


Abb. B.12 „Bitte beantworten Sie folgende Fragen zu einer modellbasierten Bedenkenanmeldung

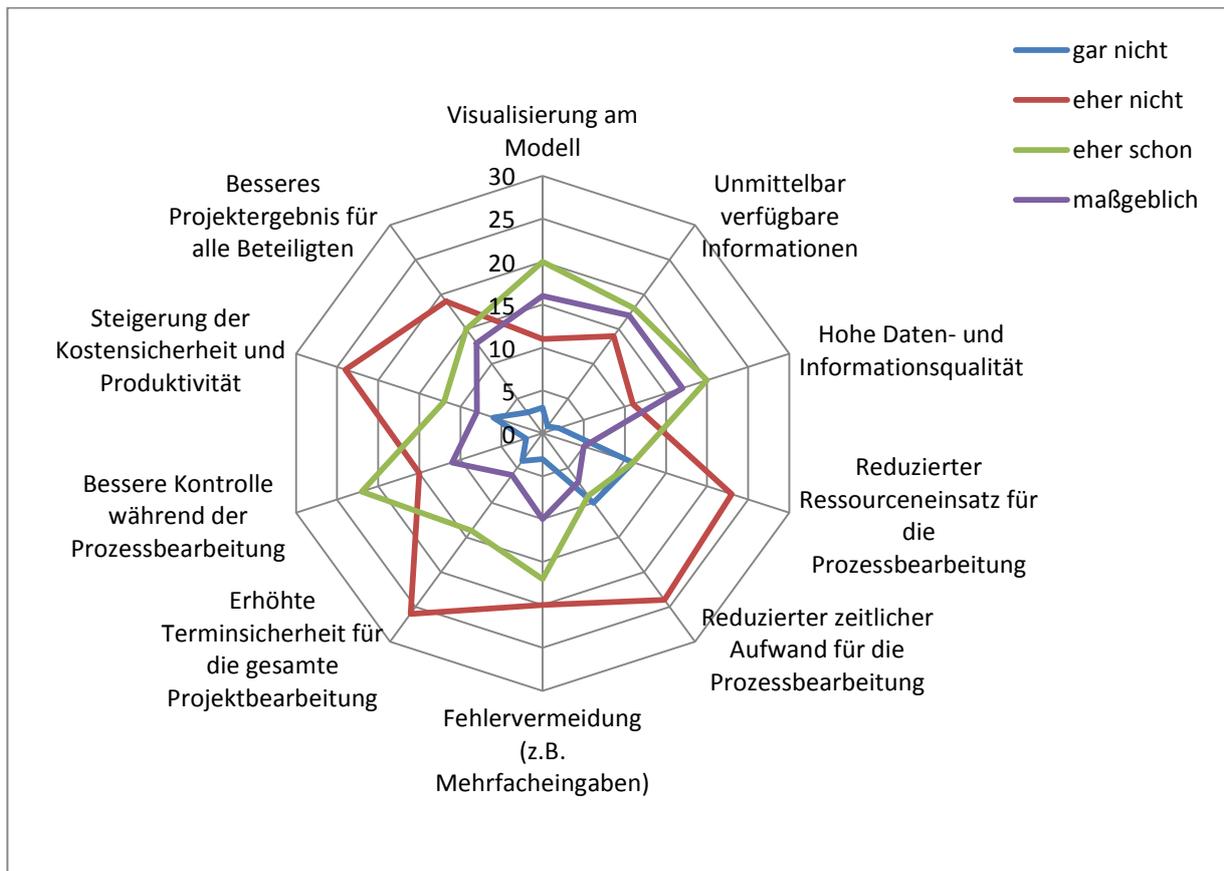


Abb. B.13 Mehrwert einer modellbasierten Bedenkenanmeldung

### Anwendungsfall: Behinderungsanzeige

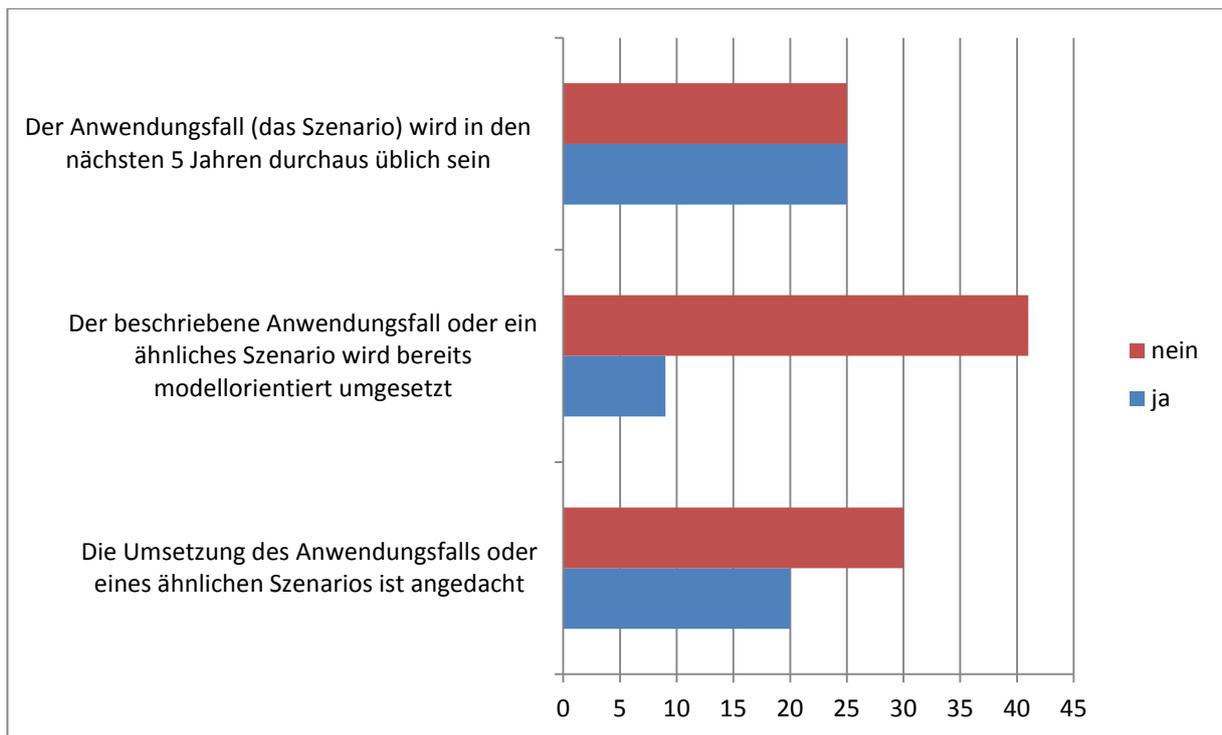


Abb. B.14 „Bitte beantworten Sie folgende Fragen zu einer modellbasierten Behinderungsanzeige

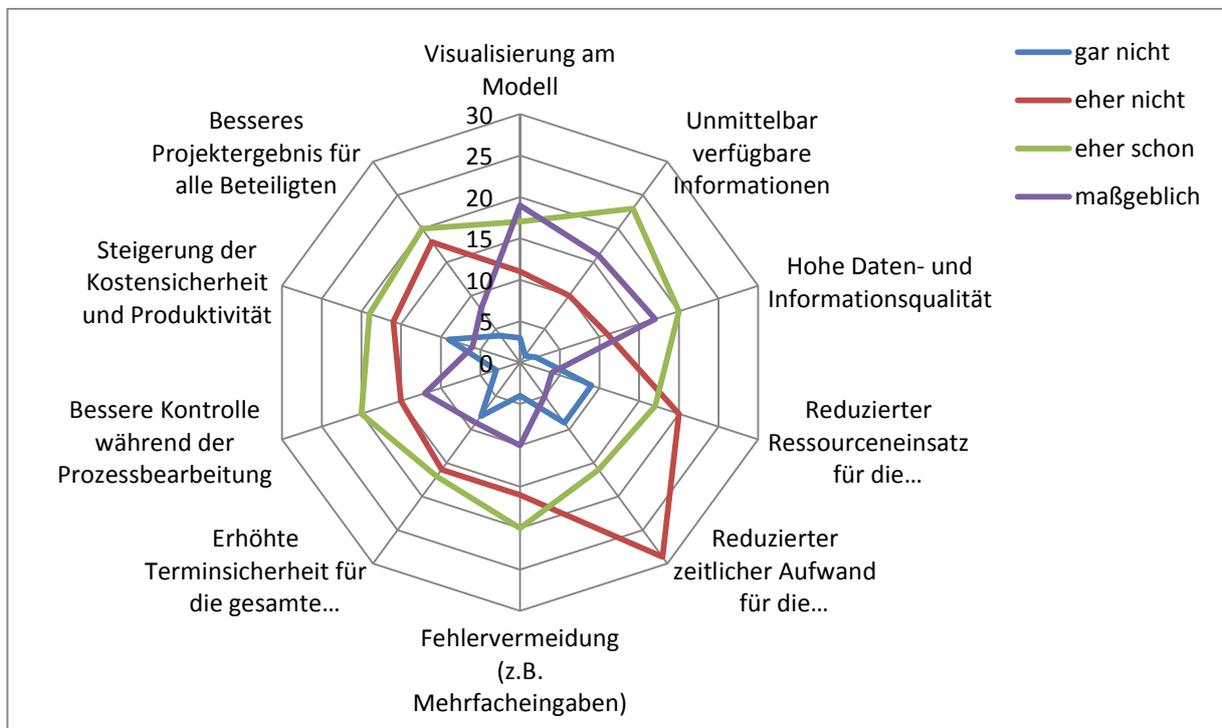


Abb. B.15 Mehrwert einer modellbasierten Behinderungsanzeige

### Anwendungsfall: Mehr-/ Minderkostenfeststellung bzw. -anmeldung

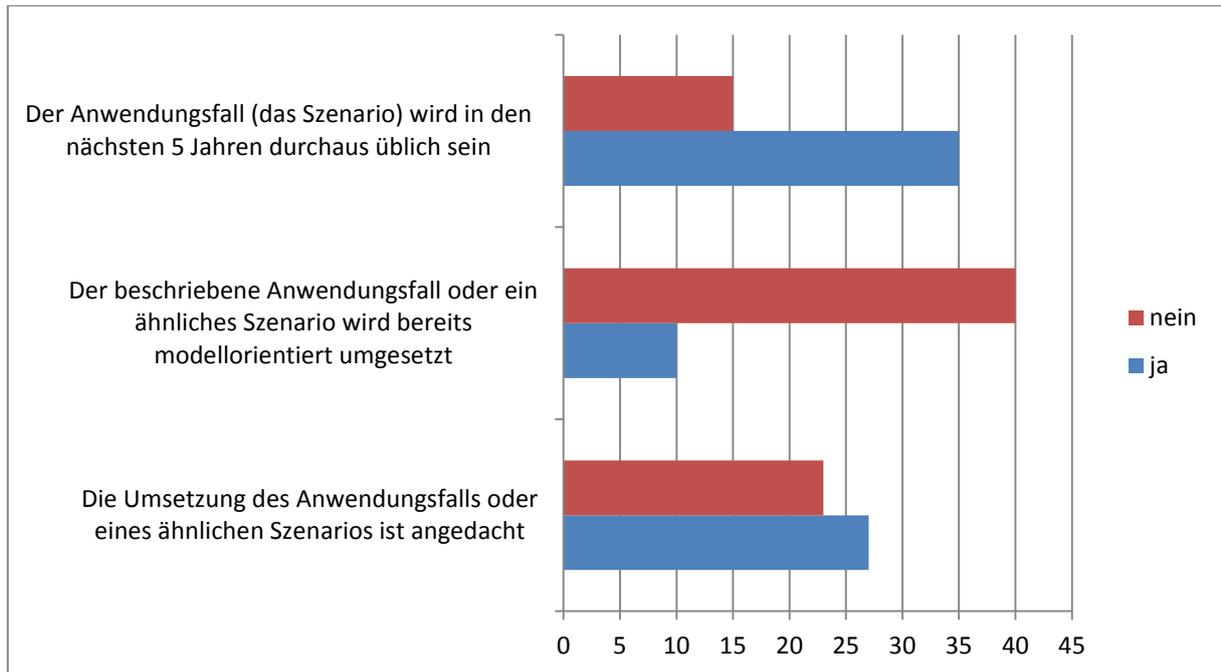


Abb. B.16 „Bitte beantworten Sie folgende Fragen zu einer modellorientierten Mehr- oder Minderkostenfeststellung bzw. -anmeldung“

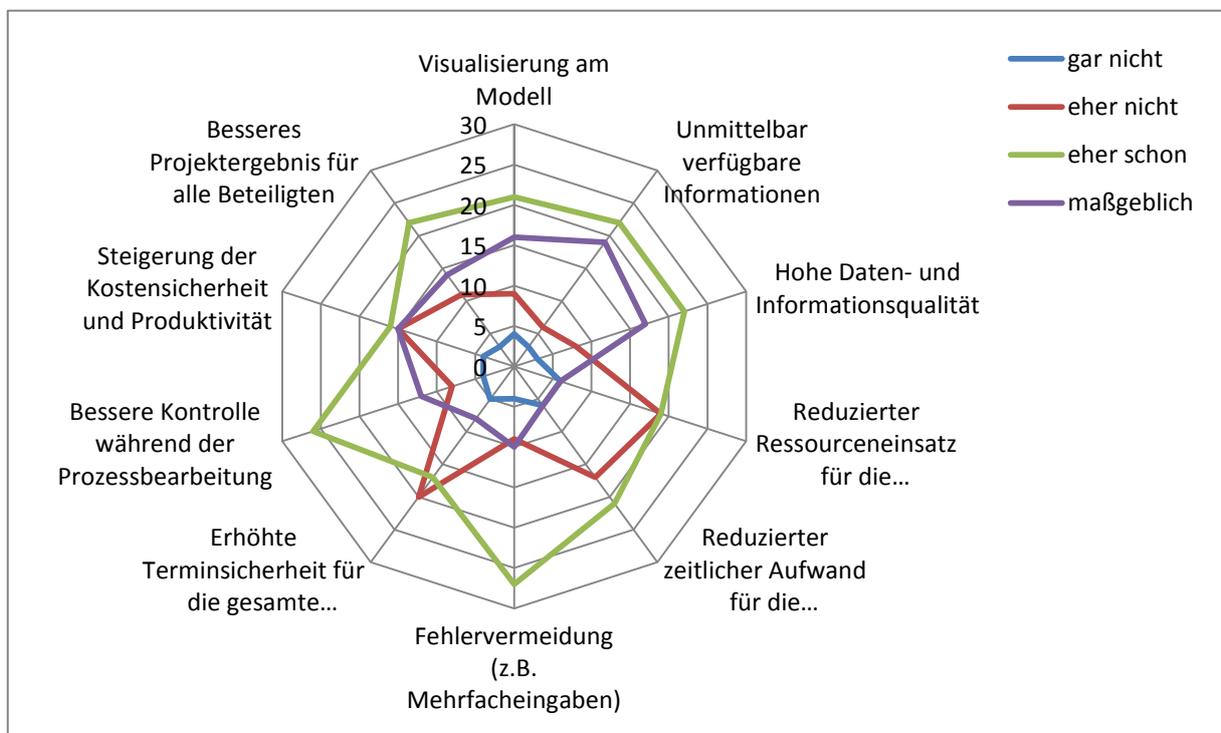


Abb. B.17 Mehrwert einer modellorientierten Mehr- oder Minderkostenfeststellung bzw. -anmeldung

## C. Lua-Skript

```
require "Tp.Draft"

local main = {}

--////////////////////////////////////

--"Koordination GU-NU" document type id
local corTypeId = 'BIM_COR'

--"Koordination GU-NU" document property ids
local corDocStatusId = 'status'
local corDocThumbnailNumberId = 'thumbnail_b_number'
local corDocBasicNumberId = 'b_number'

--"Änderungsverfolgung" document type id
local aevTypeId = 'BIM_AEV'

--"Änderungsverfolgung" current filter id
local aevFilterId = 'current'

--"Änderungsverfolgung" property ids
local aevDocStatusListId = 'status_list'
local aevDocBasicNumberId = 'b_number'

--Status List value formatting settings
--Formatted string is build up as follows
  <manDocBasicNumberPrefix><manDocBasicNumber><manDocStatusPrefix><manDocS
  tatus>
--which looks like e.g. 'Änderungs Nr. 0001, Status: freigegeben'
local corDocBasicNumberPrefix = 'Änderungs Nr. '
local corDocStatusPrefix = ', Status: '

--////////////////////////////////////
```

```
function main.RUN ()
  local debug_draft = Tp.Draft.new()

  -- the message
  local communication = that.communication

  -- get "Koordination GU-NU" document
  local corDocType = document_form_definition(corTypeId)
  local corDocuments = communication.documents({query_form_definition =
corDocType}).items()

  for i, corDoc in ipairs (corDocuments) do

    corDoc.fields_visible('all')

    local corDocStatus = getFormattedValue(corDoc, corDocStatusId)
    local corDocBasicNumber = string.format('%04d',
      corDoc.field_value(corDocBasicNumberId))

    log('corDocStatus - ' .. corDocStatus)

    --get "Änderungsverfolgung" document's basic number
    local corDocThumbnailNumber =
      corDoc.field_value(corDocThumbnailNumberId)

    if corDocThumbnailNumber and corDocThumbanilNumber ~= '' then

      local aevDocFilter = document_filter(aevTypeId, aevFilterId)
      local aevDocuments =
        aevDocFilter.documents({query_document_field_expr =
          aevDocBasicNumberId .. ':' .. corDocThumbnailNumber}).items()

      log('corDocThumbanilNumber - ' .. corDocThumbanilNumber)

      --if "Änderungsmanagement" document is found then write to its status
      list
      if table_length(aevDocuments) == 1 then

        --get status list of "Änderungsmanagement" document
        local aevDoc = aevDocuments[1]
        aevDoc.fields_visible('all')
        local aevDocStatusList = aevDoc.field_value(aevDocStatusListId)
        log('aevDocStatusList - ' .. aevDocStatusList)
        aevDocStatusList = splitOnNewLine(aevDocStatusList)
```

```
--check if status list contains the dataset
local index = -1
for i, entry in ipairs(aevDocStatusList) do
  if startsWith(entry, corDocBasicNumberPrefix .. corDocBasicNumber)
  then
    index = i
  end
end

--modify/add Änderungsstatus to list
local aevDocStatusListItem = corDocBasicNumberPrefix ..
  corDocBasicNumber .. corDocStatusPrefix .. corDocStatus
log('new entry - ' .. aevDocStatusListItem)
log('index - ' .. index)
if index == -1 then
  table.insert(aevDocStatusList, aevDocStatusListItem)
else
  aevDocStatusList[index] = aevDocStatusListItem
end

--set updated status list to "Änderungsverfolgung" document
local aevDocStatusString = ''
for i, entry in ipairs(aevDocStatusList) do
  log('entry in list - ' .. entry)
  aevDocStatusString = aevDocStatusString .. entry .. '\n'
end
aevDoc.field_value(aevDocStatusListId, aevDocStatusString)

phoDoc.save()

end --if

end --if

end --for loop

end --main

function getFormattedValue(document, propertyId)
  document.fields_visible('all')
  local formDef = document.form_definition()
  local fieldDef = formDef.field_definitions({query_identification =
propertyId}).first()

  if fieldDef.is_code_list_document_field_definition() then
    local field = document.field(fieldDef)
```

```
--TODO catch different return types
--local code = unpack(field.value())
--getFormattedValueOfCode(fieldDef, code)
--local value = unpack(field.formatted()).text

return unpack(field.formatted())
end

end --getFormattedValue

function splitOnNewLine(value)
    local list = {}
    for line in string.gmatch(value, '([^\n]+)') do
        table.insert(list, line)
    end
    return list
end --splitOnNewLine

function startsWith(String,Start)
    return string.sub(String,1,string.len(Start))==Start
end

function alert(msg)
    that.draft.indications({msg})
    that.draft.save()
end

function log(message)
    that.session.push_protocol_notice(message)
end

return main
```

Abb. C.1 Lua-Code zur Überführung eines Issues aus der Dokumentart „Änderungsmanagement“ in die Dokumentart „Koordination GU-NU“

## Literaturverzeichnis

- Albrecht, M. (2013). *Building Information Modeling (BIM) zur Sicherstellung der Datendurchgängigkeit in der Planung von Bauleistungen*. Dresden: Diplomarbeit an der Technischen Universität Dresden, Lehrstuhl für Baubetriebswesen.
- Allweyer, T. (2009). *BPMN 2.0 - Business Process Model and Notation: Einführung in den Standard für die Geschäftsprozessmodellierung*. Books on Demand, 3., aktualisierte und erweiterte Auflage.
- Allwyer, T. (2010). *Geschäftsprozessmanagement - Strategie, Entwurf, Implementierung, Controlling*. Herdcke, Bochum: W3L-Verlag, Nachdruck: September 2010 .
- Autodesk GmbH. (2018). *Autodesk BIM 360: Construction Management Software for Accelerated Project Delivery*. Zuletzt abgerufen am 10. April 2018 von <https://bim360.autodesk.com/>
- Bäck, R., & Niedermaier, A. (2016). *BIM-Kompendium*. München: Allplan GmbH.
- Bayerische Ingenieurkammer Bau. (2015). *Projekt-Kommunikations-Management-Systeme*. München: BAYIKA; online verfügbar unter: [https://www.bayika.de/bayika-wAssets/docs/beratung-und-service/download/bayika\\_projekt-kommunikations-management-systeme\\_0034.pdf](https://www.bayika.de/bayika-wAssets/docs/beratung-und-service/download/bayika_projekt-kommunikations-management-systeme_0034.pdf).
- BMVI. (2015). *Reformkommission Bau von Großprojekten: Komplexität beherrschen - kostengerecht, termintreu und effizient*. Berlin: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur Referat Z 32, Druckvorstufe | Hausdruckerei; online verfügbar unter: [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/reformkommission-bau-grossprojekte-endbericht.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/reformkommission-bau-grossprojekte-endbericht.pdf?__blob=publicationFile).
- BMVI. (2015). *Stufenplan Digitales Planen und Bauen. Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken*. Berlin: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastrukt. Referat Z 32, Druckvorstufe | Hausdruckerei; online verfügbar unter: [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/stufenplan-digitales-bauen.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/stufenplan-digitales-bauen.pdf?__blob=publicationFile).
- Borrmann, A. (2015/16). *Vorlesung 4 Building Information Modeling - Data exchange and interoperability*. München: Technische Universität München, Lehrstuhl für Computergestützte Modellierung und Simulation.
- Borrmann, A. (2015/16). *Vorlesung 5 Building Information Modeling - Collaboration: Process Modelling & Data Management*. München: Technische Universität München, Lehrstuhl für Computergestützte Modellierung und Simulation.
- Borrmann, A. (2015/16). *Vorlesung 6 Building Information Modeling - BIM Project Execution & Downstream Applications*. München: Technische Universität München, Lehrstuhl für Computergestützte Modellierung und Simulation.

- Borrmann, A., König, M., Koch, C., & Beetz, J. (2015). *Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis*. Springer Fachmedien Wiesbaden.
- buildingSMART. (1996-2013). *buildingSMART, Industry Foundation Classes*. Zuletzt abgerufen am 17. Februar 2018 von <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/>
- buildingSMART e.V. (2013). *BIM-Knowhow - Standards*. Zuletzt abgerufen am 8. Februar 2018 von <https://www.buildingsmart.de/bim-knowhow/standards>
- Chipman, T., Liebich, T., & Weise, M. (2016). *mvdXML specification 1.1- Specification of a standardized format to define and exchange Model View Definitions with Exchange Requirements and Validation Rules*. buildingSMART International Ltd.
- Crosby, B. (2017). *2017 Open Integration Summit - Post-Summit Summary Report: Transforming the RFI*. Denver: Construction Progression Coalition (CPC).
- DIN, DVA. (2018). *HOAI - Honorarordnung für Architekten und Ingenieure*. München: Beck im dtv, 34. Auflage.
- DIN, DVA. (2018). *VOB - Vergabe und Vertragsordnung für Bauleistungen*. München: Beck im dtv, 34. Auflage .
- Dobler, T. (2009). *Entwicklung der Archintra-Methodik als Beitrag zur Verbesserung von Bauprozessen*. Kassel: kassel univerity press GmbH.
- Drees & Sommer AG + vrame Consult GmbH. (2017). *BIM-Projektentwicklungsplan: Ein Dokument des BIM Praxisleitfadens*. Stuttgart: Beuth Verlag.
- Eastman, C., Teichholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Egger, M., Hausknecht, K., Liebich, T., & Przybylo, J. (2013). *BIM-Leitfaden für Deutschland*. Berlin: Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR); online verfügbar unter: <http://www.hammeskrause.de/xml/download/BIM-Leitfaden-BBR.pdf>.
- Eschenbruch, K., & Malkwitz, A. (2014). *Maßnahmenkatalog zur Nutzung von BIM in der öffentlichen Bauverwaltung unter Berücksichtigung der rechtlichen und ordnungspolitischen Rahmenbedingungen*. Berlin: BMVBS; online verfügbar unter: [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Digitales/bim-massnahmenkatalog.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Digitales/bim-massnahmenkatalog.pdf?__blob=publicationFile).
- Eschenbruch, K., Elixmann, R., & Bodden, J. (2017). *BIM-Leistungsbilder*. Düsseldorf: Kapellmann und Partner Rechtsanwälte mbB; online verfügbar unter: [https://www.kapellmann.de/fileadmin/user\\_upload/downloads/Broschueren/BIM.Leistungsbilder.Online\\_save.pdf](https://www.kapellmann.de/fileadmin/user_upload/downloads/Broschueren/BIM.Leistungsbilder.Online_save.pdf).
- GAEB. (2018). *GAEBXML Datenaustausch*. Zuletzt abgerufen am 28. März 2018 von <http://www.gaeb.de/produkte/gaeb-datenaustausch/>

- Gasteiger, A. (2015). *BIM in der Bauausführung: Automatisierte Baufortschrittsdokumentation mit BIM, deren Mehrwert und die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Phase der*. Innsbruck: innsbruck university press.
- Häring, P. (2017). *Anwendung der MVD-Methode in einem Datenaustauschscenario im BIMsite Forschungsprojekt*. Dresden: In: Proc. of the 29th Forum Bauinformatik; online verfügbar unter: [https://www.cms.bgu.tum.de/publications/2017\\_H%C3%A4ringer\\_FBI.pdf](https://www.cms.bgu.tum.de/publications/2017_H%C3%A4ringer_FBI.pdf).
- Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. (2005). *Partnering bei Bauprojekten*. Berlin: Hauptverband der Deutschen Bauwirtschaft; [https://www.bauindustrie.de/media/attachments/029-018\\_Partnering\\_Lang\\_Endf1.pdf](https://www.bauindustrie.de/media/attachments/029-018_Partnering_Lang_Endf1.pdf).
- Hausknecht, K., & Liebich, T. (2016). *BIM-Kompendium: Building Information Modeling als neue Planungsmethode*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- Jochem, R., Mertins, K., & Knothe, T. (2012). *Prozessmanagement: Strategien, Methoden, Umsetzung*. Düsseldorf: Symposium Publishing GmbH.
- Klöcker, H. (23. März 2018). Autodesk GmbH, Technical Specialist AEC | BIM. (J. Reichle, Interviewer)
- Koch, M. (1997). *Unterstützung kooperativer Dokumentenbearbeitung in Weitverkehrsnetzen*. München: Technische Universität München.
- Kohlhaas, A. (2015). *Bericht zum VDI 2552 Blatt 4 - Datenaustausch*. Dresden: Technische Universität Dresden im Rahmen der Veranstaltungen des Instituts für Bauinformatik (Heft 9).
- KUBUS BV. (2018). *BIM issue tracking made easy*. Zuletzt abgerufen am 8. April 2018 von <http://www.bimcollab.com/en/default.aspx>
- Kymmel, W. (2008). *Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations (McGraw-Hill Construction Series)*. United States / Canada : The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Liebich, T. (2013). *Praxisnahe Workflows für die durchgängige Nutzung von IFC Gebäudemodellen*. Hamburg: AEC 3 Deutschland GmbH, Präsentation zum 10. buildingSMART Anwendertag.
- Liebich, T. (2017). *BIM Standardisierung: Normen und technische Regelwerke als Leitplanken der BIM-Anwendung*. München: AEC 3 Deutschland GmbH.
- Liebich, T., Schweer, C.-S., & Wernik, S. (2011). *Die Auswirkungen von Building Information Modeling (BIM) auf die Leistungsbilder und Vergütungsstruktur für Architekten und Ingenieure sowie auf die Vertragsgestaltung*. Berlin: BBR; online verfügbar unter: <http://www.mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/PDF/auswirkungen-von-bim-endbericht,property=pdf,bereich=md,sprache=de,rwb=true.pdf>.

- Mini, F. (2016). *Entwicklung eines LoD Konzepts für digitale Bauwerksmodelle von Brücken und dessen Implementierung*. München: Technische Universität München, Masterarbeit am Lehrstuhl für Computergestützte Modellierung und Simulation.
- Müller, P. (12. März 2018). Education Program Manager AEC, EMEA. (J. Reichle, Interviewer)
- Oberhauser, I. (2015). *Privates Baurecht*. München: Technische Universität München, Lehrstuhl für Bauprozessmanagement und Immobilienentwicklung.
- Panaiteescu, S. (2016). *BIM 360 Bauteile Mapping-Prozess für Workflow Verbindung*. München: Autodesk GmbH.
- Raimer, S., & Opitz, F. (2015). *Bauinformatik - Baupraxis 2015: Leitlinien - Richtlinien - Normen - Ergebnisse aus dem VDI Koordinierungskreis BIM, Veranstaltungen des Instituts für Bauinformatik (Heft 9)*. Dresden: TU Dresden.
- Rauh, R., Ferger, M., Gollenbeck-Sunke, N., Krüger, K., & Weitz, G. (2014). *Organisationsmodelle und vertragliche Anreizsysteme zur Verbesserung der Bauqualität bei der Ausführung schlüsselfertiger Baumaßnahmen*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- RIB Software SE. (2018). *CPiXML - Datenaustauschformat für den iTWO – 5D Prozess*. Zuletzt abgerufen am 29. März 2018 von <https://www.rib-software.com/de/loesungen/strassenbau-tiefbau-infrastrukturmanagement/itwo-civil/datenaustausch/cpixmap.html>
- Schapke, S.-E. (2015). *BIM Kollaboration - Bedeutung und Einfluss von Richtlinien*. Dresden: Technische Universität Dresden im Rahmen der Veranstaltungen des Instituts für Bauinformatik (Heft 9).
- Schapke, S.-E., Liebich, T., & Hausknecht, K. (2016). *BIM-Anwendungsfälle - Beschreibung und Bewertung der BIM-Anwendungsfälle für den Neubau des Flugfeldklinikums*. München: AEC3 Deutschland GmbH & think project! GmbH.
- Scherer, R., & Schapke, S.-E. (2014). *Informationssysteme im Bauwesen 1*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Scherer, R., & Schapke, S.-E. (2014). *Informationssysteme im Bauwesen 2*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- SIEMENS, REALESTATE. (2017). *BIM @ Siemens Real Estate*. München: SIEMENS AG; online verfügbar unter: <https://www.realestate.siemens.com/hq/downloads/bim.pdf>.
- Steinmann, R., Linhard, K., & Dangl, G. (2015). *BIM Kollaboration - Potentiale der buildingSMART Standards*. Dresden: Technische Universität Dresden im Rahmen der Veranstaltungen des Instituts für Bauinformatik (Heft 9).
- The British Standards Institution. (2013). *PAS 1192-2:2013 - Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling*. London: BSI Standards.

- Verein Deutscher Ingenieure. (2017). *VDI-Richtlinie: VDI 2552 Blatt 5 Building Information Modeling - Datenmanagement*. Beuth Verlag.
- von Both, P., Koch, V., & Kindsvater, A. (2013). *BIM – Potentiale, Hemmnisse und Handlungsplan*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- Zimmermann, J. (2011). *Prozessorientierung und Vernetzte Strukturen*. München: Technische Universität München, Lehrstuhl für Bauprozessmanagement und Immobilienentwicklung.
- Zimmermann, J. (2016). *Geschäftsprozessmanagement in der Bauwirtschaft*. München: Technische Universität München, Lehrstuhl für Bauprozessmanagement und Immobilienentwicklung.
- Zimmermann, J. (2016). *Schlüsselfertiger Hoch- und Ingenieurbau*. München: Technische Universität München, Lehrstuhl für Bauprozessmanagement und Immobilienentwicklung.
- Zimmermann, K. (2013 ). *Referenzprozessmodell für das Business-IT-Management*. Hamburg: Universität Hamburg.

# Eidesstattliche Erklärung

Die hier vorliegende Masterarbeit wurde in Kooperation mit der Firma think project! GmbH erarbeitet.

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

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

München, 14. April 2018

---

Vorname Nachname

Johannes Reichle

Gabelsbergerstraße 40

D-80333 München

jojohannesreichle@web.com