

# X Building Information Modeling – Übersicht über Technologie und Arbeitsmethodik mit Praxisbeispielen

**Arnold Tautschnig, Innsbruck**

**Georg Fröch, Innsbruck**

**Martin Mösl, Kematen**

**Werner Gächter, Inzing**

**Unter Mitarbeit von:**

**Klaus Eschenbruch, Düsseldorf**

**Daniel Krause, Schwalbach a. Ts.**

**Daniel Handle, Rum bei Innsbruck**

**Frank Konrad, Rum bei Innsbruck**

**Oliver Pape, Dornbirn**

**Siegfried Wernik, Berlin**

**Sabine Burkert, Braunschweig**

**Anja Nickau, Braunschweig**

**Tamara Gasteiger, Kufstein**

**Adriane Gasteiger, Kufstein**

**Günther Specht, Innsbruck**

**Rainer Breuss, Innsbruck**

**Klaus Miller, Innsbruck**

**Lars Oberwinter, Wien**

**Alfred Waschl, Wien**

*Beton-Kalender 2018: Bautenschutz, Brandschutz.*

Herausgegeben von Konrad Bergmeister, Frank Fingerloos und Johann-Dietrich Wörner  
© 2018 Ernst & Sohn GmbH & Co. KG. Published 2017 by Ernst & Sohn GmbH & Co. KG.



## 1 Einleitung

Die Digitalisierung verändert derzeit unsere Gesellschaft und ihre Arbeitswelten umfassend und global. Zwar ist die Digitalisierung in der Planungs- und Bauwirtschaft auch angekommen, jedoch ist in diesen Fachgebieten noch Nachholbedarf gegeben.

Die technischen Anforderungen an die gebaute Umwelt (Gebäude, Infrastruktur, ...) steigen kontinuierlich, was sich insbesondere auf die eingesetzten Materialien und Technologien in der Gebäudehülle, besonders aber auf die Überwachungs-, Steuerungs- und Regelungsmöglichkeiten der Gebäude- und Bauwerkstechnik auswirkt. Der Ruf nach Energieeffizienz veranlasst die Hersteller, unter gesteigerten Funktionalitätsanforderungen des Bauwerksbetriebes zunehmend leistungsstarke und komplexe Hightech-Produkte und -Komponenten zu entwickeln. Diese Hightech-Produkte sind i. d. R. keine „Stand-alone“-Bauteile, sondern sie sind mit dem Bauwerk und dessen Komponenten intensiv vernetzt. Der dadurch steigende Vernetzungsgrad der Herstellungs-Prozesse mit immer mehr Schnittstellen zwischen den einzelnen Gewerken für die Bauwerkserrichtung stellt alle Beteiligten vor große Herausforderungen. Der Ruf nach einer „integralen Bauablaufplanung“, die alle Sparten und Disziplinen gleichberechtigt einbezieht, ist deshalb unüberhörbar. Daher ist es nur allzu verständlich, dass „Building Information Modeling“ (BIM) derzeit die gesamte Planungs- und Bauwelt von Grund auf revolutioniert.

Das US-amerikanische National BIM-Standard (NBIMS-US) Project Committee definiert BIM als *„...a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its life-cycle; defined as existing from earliest conception to demolition“* [1].

Im US-Standard ist bezeichnenderweise nicht vom „building“, sondern von der „facility“ die Rede. Es geht daher nicht nur um Gebäude, sondern allgemein um „Anlagen“, womit auch Objekte der Infrastruktur umfasst sind. In weiterer Folge wird daher in diesem Beitrag umfassend von „Bauwerksmodellen“ gesprochen.

C. Achammer als Pionier der Closed-BIM-Anwender bei einem Generalplaner hat die Summe der digitalen Bauwerksdaten beim Tiroler Bautag 2017 als „digitalen Zwilling“ der zu bauenden oder der gebauten Realität bezeichnet. Ein digitales Bauwerksmodell stellt also im Idealfall ein vollständiges, digitales Abbild dar, welches eine gemeinsame, von allen Berechtigten nutzbare Datengrundlage

über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks bietet. BIM geht weit über eine reine Planungstechnik oder gar nur ein Werkzeug hinaus und bewirkt neben der erforderlichen integralen Zusammenarbeit im Team eine grundlegende Veränderung von Planungs-, Bau- und Bewirtschaftungsprozessen. Zielsetzung ist es, alle erforderlichen Prozesse im Lebenszyklus von Bauwerken unter Zuhilfenahme eines digitalen Bauwerksmodells abzuwickeln [2]. Dieses hilft, Bauherrenentscheidungen früher und strukturierter einzufordern sowie Schnittstellenprobleme zu reduzieren.

Dieses Prinzip einer durchgängigen, zentralen und objektbasierten Verwaltung und Koordination von Projektinformationen wirkt sich interdisziplinär auf alle Leistungsbilder der Projektbeteiligten aus. Dadurch entsteht auch innerhalb der involvierten Unternehmen ein aktueller, aber auch langfristig wirksamer Optimierungsprozess und in den Projekten ein konsequenter, neuer Ansatz der Projektabwicklung [3].

Ist damit die Idealvision des digitalen Planens und Bauens erreicht? Bis diese Vision Wirklichkeit wird, sind noch einige maßgebliche Schritte zu setzen. Die Realität holt uns dort ein, wo little BIM nur für einen Fachbereich als Inselfösung funktioniert und der Weg zum Big open BIM noch weit ist. Hinderlich sind fehlende, allgemein und international akzeptierte Standards, auch wenn mit der Entwicklung von IFC4 Add 1 (*industry foundation classes, ISO 16739*) eine wichtige Grundlage in der internationalen Standardisierung geschaffen zu sein scheint. Die Softwarehersteller müssen diesen Standard in ihren Produkten erst noch vollständig implementieren. Derzeit macht immer noch die Übertragung der Geometriedaten mit alphanumerischen Parametern in Open BIM in speziellen Fällen Probleme.

Neben der durch IFC vorgegebenen Struktur von bauwerksbezogenen Datenmodellen braucht es aber auch die Normierung von sog. „Merkmalen“, die die Qualitäten von Bauelementen spezifizieren. Hier hat Österreich mit der ÖN A 6241-1 und -2 [1] Maßstäbe gesetzt, da darin dem planenden Architekten und Ingenieur erstmals ein sog. „Merkmalserver“ [4, 5] mit normierten Inhalten zur Verfügung gestellt wurde.

Zuvor hatte sich bereits buildingSMART [6] mit dem „building Smart Data Dictionary“ der Standardisierung von alphanumerischen Planungsdaten angenommen und mittels eines GUID (*Globally Unique Identifier*) einen Ein-Eindeutigkeitsstandard für die Adressierung von Attributen und Merkmalen geschaffen [2].

*Beton-Kalender 2018: Bautenschutz, Brandschutz.*

Herausgegeben von Konrad Bergmeister, Frank Fingerloos und Johann-Dietrich Wörner

© 2018 Ernst & Sohn GmbH & Co. KG. Published 2017 by Ernst & Sohn GmbH & Co. KG.

Alle diese Bemühungen sind nur zielführend, wenn es gelingt, einen unterbrechungsfreien Datenfluss von der Projektidee über die Planung, die Leistungsbeschreibung, Beschaffung und Auftragsabwicklung durch den ausführenden Unternehmer hin zum vollständigen Facility Information Modell [7] für die Nutzung zu generieren. Erst dann ist BIG open BIM beim gesamten Projektteam vollumfänglich angekommen. Auch die Frage, ob es bei einem solchen lückenlosen Workflow überhaupt noch „Leistungsbeschreibungen“ braucht, weil die kondensierten Modelldaten sowieso allen Beteiligten zur Verfügung stehen und die erforderlichen Quantitäten und Qualitätsangaben enthalten, ist nicht wirklich entscheidend. Viel wesentlicher ist die Ermöglichung des softwareunabhängigen Datenzugriffs auf Inhalte und Informationen im „digitalen Zwilling“ durch Auftraggeber, Planungspartner, Behörden und Auftragnehmer ohne Informationsverluste trotz der Verwendung verschiedenster Softwareplattformen und Tools in deren eigenen Unternehmen. Ein dem „DXF-Standard“ (Drawing Exchange Format) vergleichbarer „MXF-Standard“ (Model Interchange Format) für Modelle ist gefragt, der es erlaubt, einen Modellstatus „einzufrieren“ um eine Versionierung der Koordinationsmodelle zu ermöglichen. Die Forderung muss daher lauten: *Schaffen und nutzen wir Standards und unterziehen wir diese einem ständigen Qualitäts-Verbesserungsprozess.*

Den aktuellen Stand in Wissenschaft und Forschung aber auch in der Praxis aufzuzeigen, ist Inhalt dieses Beitrags („BIM-Synopse“).

## 2 BIM Entwicklungsstand von Wissenschaft und Technik

### 2.1 Entwicklung und Wesen

Die Entwicklung von BIM hat bereits in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts begonnen. In den 1970er-Jahren wurden Computermodelle genutzt, um eine parametrische Beschreibung von Bauteilen für Computerprogramme nutzbar zu machen. Diese Modelle wurden anfänglich noch unter dem Begriff „Produktmodelle“ vorwiegend im Maschinen-, Fahrzeug- und Flugzeugbau verwendet [8].

Essenziell war es zunächst, eine entsprechende Standardisierung im Datenformat zu erreichen. Die Entwicklung in diese Richtung wurde 1984 mit der Einführung des STEP (*Standard for Product Data Exchange*) begonnen. Der Grundgedanke des STEP basiert auf dem elektronischen Austausch von Produktdaten zwischen computerbasierten Systemen [8].

Der Begriff „Building Information Modeling“ wurde erstmals in einer wissenschaftlichen Publikation der Universität Delft im Jahr 1992 seitens der Auto-

ren *G. A. van Nederveen* und *F. P. Tolman* verwendet [9].

Ein wesentlicher Aspekt in der Entwicklung von BIM ist die Übernahme der damit verbundenen neuen Darstellungsmethodik im Bauwesen. Die derzeit noch zumeist praktizierte Darstellung von Bauwerken und Anlagen im Hoch- und Tiefbau besteht aus der Abbildung von Bauwerken u. a. mittels Projektionsrissen wie Grundrissen, Schnitten und Ansichten sowie Lageplänen anhand von CAD-Darstellungen oder Papierzeichnungen. Diese Planinformationen in den Papierzeichnungen oder CAD-Darstellungen basieren auf seit Jahrhunderten angewandten, tradierten und immer wieder verfeinerten Zeichnungskonventionen und beinhalten keine unmittelbar mit den Zeichnungselementen verknüpften Merkmale z. B. von Bauteilen, Räumen oder Anlagen. Aus diesem Grund erfordert diese Darstellungsmethodik für eine gesamtheitliche Betrachtung die Zusammenführung der zumeist in mehreren Plänen und Dokumenten vorhandenen Teilinformationen.

Building Information Modeling unterscheidet sich davon wesentlich aufgrund der objektorientierten Methode zur Modellierung von Bauwerken unter Verwendung von verschiedenen elektronischen Tools, aufbauend auf einer Datenbankstruktur mit verschiedensten Datenbankfunktionen. Die für die Bauausführung benötigten Pläne werden aus dem Modell abgeleitet und können automatisiert an den fortschreitenden Stand des Modells angepasst werden.

Die in [10] zitierte Definition

*„Als BIM versteht man eine objektorientierte digitale Repräsentation des Gebäudes, welche Interoperabilität und Datenaustausch im digitalen Format ermöglicht.“* [11]

muss inzwischen also fortgeschrieben werden wie folgt:

*BIM ist ein ganzheitlicher, digital objektorientierter Prozess zum Entwickeln, Planen, Bauen und Betreiben von Objekten zur Sicherstellung größtmöglicher Interoperabilität über den gesamten Lebenszyklus* (vgl. [12]).

Ein Datenaustausch im eigentlichen Sinn findet nicht statt bzw. erübrigt sich, da das gesamte Projektteam (Bauherr, Planer, Ausführender und evtl. Betreiber) mit referenzierten Teilmodellen projekphasenorientiert am Gesamtmodell arbeiten und über alle notwendigen Informationen unter Beachtung der Holschuld verfügen. Ziel ist das gemeinsame, integrale Arbeiten am Modell. Vorausgesetzt, die hard- und softwaretechnischen Voraussetzungen sind gegeben, kann diese integrale Zusammenarbeit am Modell auch online erfolgen.

Das dreidimensionale, grafische und visualisierbare Bauwerksmodell beinhaltet neben grafischen auch alphanumerische Eigenschaften und Informationen aus der damit verknüpften Datenbank, die je nach Erfordernis mittels Plänen, Listen oder in sonstigen Dokumenten dargestellt werden können.

Der Begriff BIM hat mindestens zwei Bedeutungen: Einerseits wird BIM als Synonym für „Building Information Modeling“ verstanden, wodurch primär die in Verbindung mit BIM stehenden Prozesse in der Projektentwicklung beschrieben werden. Es steht also das „Modellieren“ mit den damit verknüpften Zusammenhängen und Abläufen im Vordergrund. Andererseits steht für viele Anwender die Bezeichnung „Bauwerksmodell“ mit den damit verknüpften Informationen im Vordergrund. Sowohl in der Forschung als auch in der Softwareentwicklung werden für „BIM“ beide Begriffserklärungen verwendet [13].

Die Umstellung der Prozesse auf eine BIM basierte Lösung erfordert eine generelle Änderung und wesentlich intensivere „Verschaltung“ der bisher praktizierten Prozesse. Nur dann können die Potenziale von BIM wie u. a. automatisierte Mengen- und Kostenermittlungen, Kollisionsprüfungen, die automatisierte Erstellung von Leistungsbeschreibungen und die Wiederverwendbarkeit einmal eingegebener Daten optimal genutzt werden [14]. Insbesondere ist ein „integraler Planungsprozess“ erforderlich, bei dem von Beginn an alle Planungspartner und auch der Bauherr gemeinsam in laufenden, regelmäßigen Workshops und Abstimmungen das Konzept sukzessive zum digitalen Modell verdichten. BIM ohne integrale Planung ist daher nicht möglich [15].

Die Arbeitsweise mit BIM beinhaltet neben den technischen Grundlagen und technologischen Randbedingungen auch eine soziale Komponente, da sowohl Unternehmen und deren Arbeitsumgebungen als auch Ausbildungen und Karrieremöglichkeiten der MitarbeiterInnen in den Unternehmensbereichen, in denen BIM eingesetzt wird, verändert werden. Damit verbunden ist die spezialisierte Auseinandersetzung mit der gesamten Methodik, was den Einsatz von mehr Planungs-, Organisations- und Prozess-Wissen, Produktivität und Kreativität von allen am BIM-Projekt beteiligten Akteuren erfordert [13]. Zudem ergeben sich neue Rollen für die an der Abwicklung von BIM-Projekten beteiligten Personen z. B. als BIM-Konstrukteur, BIM-Koordinator oder BIM-Manager (Abschnitt 2.4).

Die Beschreibung des Umfangs der Nutzung von BIM innerhalb eines Projekts kann durch die Unterscheidung in little BIM und big BIM ausgedrückt werden. Wenn eine am Projekt beteiligte Fachdisziplin BIM-Software verwendet um ein digitales Gebäudemodell z. B. zur Ableitung von Plänen aus dem Modell zu erstellen, jedoch keine Koordination

der Planung und Weiternutzung des Modells von anderen Projektbeteiligten erfolgt, wird die Bezeichnung „little BIM“ verwendet. Im Gegensatz dazu findet bei „big BIM“ eine durchgängige modellbasierte Zusammenarbeit und Kommunikation zwischen möglichst allen Beteiligten bezogen auf den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes statt. Eine weitere softwarebezogene Unterscheidung der Verwendung von BIM erfolgt durch die Einteilung in „closed BIM“ und „open BIM“. Der Unterschied bei diesen beiden Varianten liegt darin, dass bei closed BIM lediglich Softwareprodukte eines Datenformats innerhalb einer oder mehrerer Fachdisziplinen eingesetzt werden. Bei open BIM werden offene, unabhängige Datenformate für die Abwicklung der BIM-Prozesse verwendet, wodurch der Einsatz verschiedener Softwareprodukte unterstützt wird [16]. Langfristiges Ziel muss die problemlose Projektrealisierung mit „BIG open BIM“ sein (Bild 1).

Das dreidimensionale Bauwerksmodell ist bei der Kooperation mit anderen Projektbeteiligten auf Basis von BIM die Grundlage für weitergehende Ableitungen und Betrachtungen, welche folgende BIM-Dimensionen darstellen [1]:

**4D-BIM:** Diese Dimension beinhaltet die Komponente „Zeit“, welche im Zusammenhang mit der Ablaufplanung und Ablaufsimulation eines Projekts steht. Die entscheidenden Leistungen der 4D-Planung liegen in der Baustellenlogistik, der Terminplanung und der Fortschrittskontrolle [18].

**5D-BIM:** Anhand von 5D-BIM erfolgt eine Erfassung der Kosten der Elemente im Bauwerksmodell. Als Ergebnisse können Kostenermittlungen auf Basis von Elementen und Leistungen aus den Informationen des Bauwerksmodells abgeleitet werden.

**6D-BIM:** Diese Dimension bezieht sich auf den Lebenszyklus eines Gebäudes, weshalb darin nachhaltige Aspekte und die Betrachtung des Gebäudebetriebs in Verbindung mit Facility Management (FM) eine Rolle spielen („BIM 2 FIM“). Durch die

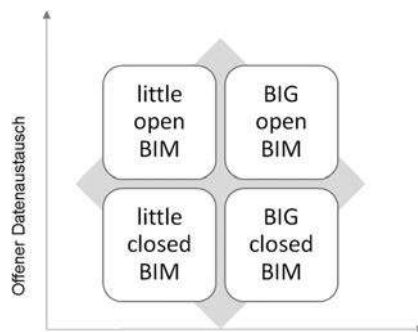


Bild 1. Kooperative Nutzung von BIM [17]

Verbesserung der Effizienz von FM unter Einsatz von BIM wird gleichzeitig die Lebenszyklus-Performance eines Gebäudes im Sinne der Nachhaltigkeit verbessert [19].

## 2.2 Mehrwert von BIM

Die Einführung von BIM in einem Unternehmen hat Auswirkungen auf die unternehmensinternen Prozesse und sollte daher als Führungsaufgabe im Sinne von Lean Management wahrgenommen werden. Folgende Maßnahmen sind als Mindest-Basis für die Implementierung und Nutzung von BIM innerhalb eines Unternehmens notwendig [20]:

- Festlegung der strategischen Ziele und des erwarteten Mehrwerts durch die Einführung der BIM-Methodik,
- Erarbeiten eines Einführungskonzepts mit Aufbau- und Ablauforganisation, Verantwortlichkeiten und Rollenbeschreibungen,
- Festlegung der Prozesskette bei Einsatz der BIM-Methode entlang des Unternehmensportfolios oder des Lebenszyklus eines Bauwerks,
- Festlegung einer klaren Projektstruktur mit Zugriffs- und Rechteverwaltung für die mit BIM verknüpften Ressourcen – Qualitäts- und Datensicherheit,
- Festlegung, welche „BIM-Dimension“ angestrebt werden soll (Abschnitt 2.1),
- Anpassung der Hard- und Software an den erforderlichen BIM-Standard,
- Ausbildungs- und Schulungsplan für die MitarbeiterInnen,

- Berücksichtigung des Einflusses auf die Vertragsgestaltung,
- Abklärung der rechtlichen Rahmenbedingungen von BIM-Projekten u. a. m.

Für eine erfolgreiche BIM-Einführung hat sich wie in Bild 2 dargestellt eine mehrstufige Vorgehensweise bewährt [20].

Vor der Einführung von BIM ist in einem Unternehmen eine klare Vorstellung bezüglich des Nutzens dieser Umstellung zu entwickeln, um die mit der Umstellung auf BIM in Verbindung stehenden Aufwände, welche sich im Zuge der Implementierung von BIM ergeben, erfassen zu können. Aufgrund des für die BIM-Projektentwicklung erforderlichen Eingriffs in die jeweiligen Unternehmensprozesse können kaum allgemeingültige Faktoren für die Ermittlung des monetären Mehrwerts von BIM festgelegt werden. Meist sind unterschiedliche Rahmenbedingungen vorhanden, woraus sich verschiedene Möglichkeiten zur Optimierung der Prozesse mittels BIM ergeben. Eine Prognose kann daher zu meist nur unternehmensspezifisch erfolgen.

Demgegenüber ist jedoch eine klare Erfassung von günstigen Auswirkungen auf die Unternehmensabläufe im Zusammenhang mit der Nutzung von BIM möglich. Ein wesentlicher Mehrwert von BIM ist die stetige dokumentierte Anreicherung von Informationen im Laufe der einzelnen Planungsphasen, wodurch Informationsverluste im Projekt-Abwicklungsprozess vermieden werden. Die zentrale Ablage in einer Datenbank bewirkt für alle Projektbeteiligten Erleichterungen in Bezug auf die Verfügbarkeit der mit dem Projekt verknüpften Daten. Die

### Prinzipielle Vorgehensweise bei der Einführung von BIM Anwendungen



Source: M+P

M+P 140317 AM

Bild 2. Vorgehensweise bei der Einführung von BIM [20]

Akkumulierung von Informationen in einer Datenbank ermöglicht es dem gesamten Projektteam, entsprechende Dokumente und Informationen zum jeweils gegebenen Zeitpunkt rasch verfügbar zu haben. Die Projektdokumentation entsteht somit beinahe automatisch.

Bei der derzeit praktizierten Abwicklung der Projekte mittels CAD werden Dokumente und Informationen zumeist nach unternehmensinternen Regeln abgelegt. Eine direkte Verknüpfung der Dokumente mit den dargestellten Bauteilen und Bauwerkselementen in den Plänen fehlt. Die Verknüpfung der Angaben in den Dokumenten mit den Plänen muss daher subjektiv vom jeweiligen Projektbeteiligten erfolgen. Dadurch können bei ungenauer Bearbeitung oder bei Missverständnissen zwischen den einzelnen Bearbeitern sehr schnell fehlerhafte Angaben entstehen. Zudem ermöglicht diese Art der Dokumentenverknüpfung unterschiedliche Interpretationsmöglichkeiten. Dies führt zu Unklarheiten, womit zusätzliche Abstimmungen vor allem mit ausführenden Unternehmen notwendig werden. Mehrkostenforderungen sind die unausweichliche Folge.

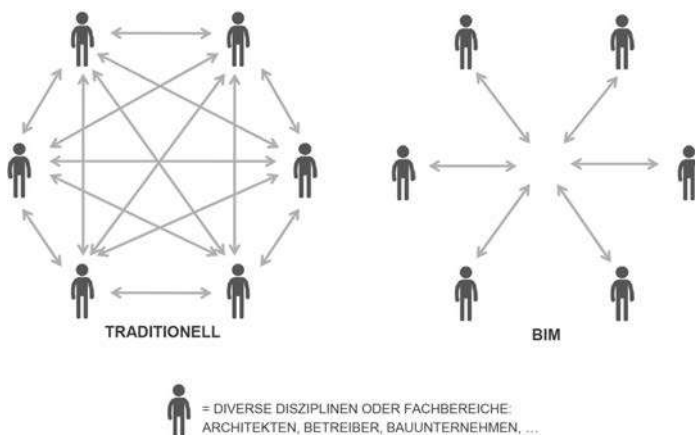
Im Gegensatz dazu kann BIM als Kommunikationsmittel interpretiert werden, welches aufgrund der zentralen Informationsbereitstellung eine Verbindung zwischen den einzelnen Projektbeteiligten schafft (Bild 3) und diese als einheitliches Projekt-Team zusammenführt [21].

Die aufgrund des Bauwerksmodells gegebene Möglichkeit zur Konfliktvermeidung u. a. anhand von Kollisionsprüfungen in Kombination mit der frühzeitigen Behebung von Fehlern und Ungenauigkeiten führt zu einer Reduktion der Anzahl an Informationsanfragen (RFIs – requests for information). Die Senkung der Anzahl an RFIs bewirkt eine Redukti-

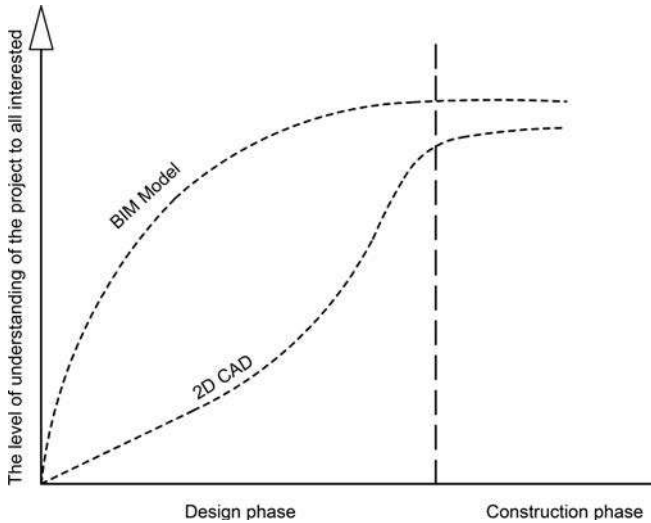
on von potenziellen Änderungsvorgängen, was zu einer höheren Genauigkeit im Kostenmanagement und zu erheblichen Zeit- und Kosteneinsparungen führt. Auftragnehmer können durch den Einsatz von BIM Mängel und Risiken von Konstruktionen minimieren, indem sie komplexe Details oder Prozeduren von Bauteilen digital überprüfen, bevor diese gefertigt und auf die Baustelle geliefert werden [23]. Dies geht sogar so weit, dass große, industrielle Bauunternehmungen in der Angebotsphase freiwillig auf ihre Kosten digitale Bauwerksmodelle erstellen, obwohl sie von ihren potenziellen Auftraggebern nur 2D oder 3D-Pläne oder sogar digitale Modelle erhalten. Die Vorteile des „Mehraufwands“ überwiegen eklatant: Massenunschärfen, Massenfehler, Konstruktionsprobleme, Möglichkeiten zur Elementoptimierung etc. werden bereits in der Angebotsphase erkannt und können in der Angebotskalkulation berücksichtigt werden.

Durch die vollständige Anwendung von BIM von Projektbeginn an werden Daten kontinuierlich im Bauwerksmodell erfasst und dadurch Informationen für alle am BIM-Projekt Beteiligten gesammelt (Bild 4).

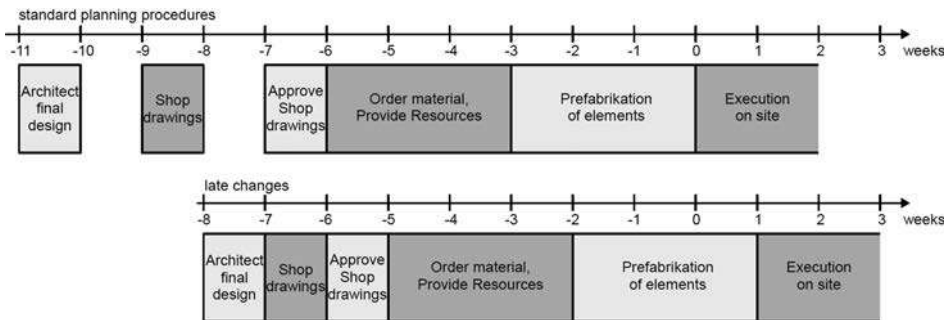
Im Bauablauf treten sehr oft Änderungen der Ausführung nach Baubeginn aufgrund eines während des Bauablaufs veränderten Kenntnisstands oder aufgrund von Änderungen der Rahmenbedingungen auf. Diese haben Auswirkungen auf die Planung und die vorliegenden Planungsdokumente. Die Änderungen und Anpassungen müssen darauf folgend möglichst zeitnah in die Planung übernommen werden, um die damit verbundenen Maßnahmen für eine geordnete Abwicklung der Änderungen oder Anpassungen auf der Baustelle treffen zu können. Dennoch gibt es dadurch häufig Verschiebungen im Bauablauf, welche eine Anpassung von Ausführungsterminen zur Folge haben (Bild 5).



**Bild 3.** Informationsaustausch traditionell vs. BIM [22]



**Bild 4.** „Level of Understanding“ eines BIM-Projekts [24]



**Bild 5.** Planungsablauf und Änderungen gemäß [25] (Skala angepasst)

Durch die Möglichkeit, derartige Änderungen im Bauwerksmodell abbilden zu können und direkte Zusammenhänge zu den damit verbundenen Teilbereichen ins Modell zu integrieren, ergeben sich künftig Vorteile für eine effiziente und zeitnahe Abwicklung der skizzierten Änderungsprozesse [25].

Die Entstehung eines Mehrwerts durch die Nutzung von BIM ist jedenfalls mit der Einführung dafür erforderlicher Regelwerke verbunden. Dafür gibt es von buildingSMART seit 2008 Initiativen, den Datenaustausch im Bauwesen zu regeln und online zu dokumentieren [26]. Durch die Nutzung von BIM für öffentliche Bauvorhaben sind zumeist eigene BIM-Handbücher für diesen Zweck entstanden. Als Beispiel dafür gibt es in Norwegen das Statsbygg BIM Manual [27] zur Festlegung der Arbeitsweise

bei der Erstellung von dreidimensionalen Bauwerksmodellen [14]. Auch in Deutschland (Planen-Bauen 4.0) und Österreich (Plattform 4.0 – Planen, Bauen, Betreiben) haben sich formelle und informelle Initiativen gebildet, die den Digitalisierungsprozess in der Bauwirtschaft voranbringen wollen und die laufend entsprechende Dokumente erarbeiten (z. B. [28, 29])

In diesen Unterlagen finden sich u. a. allgemeine Begriffserklärungen, Zieldefinitionen der digitalen Arbeitsweise mit BIM, Auswirkungen auf die Prozesse und Anforderungen an die jeweilige Organisationsstruktur. Zudem werden darin Modellierungsregeln, gegliedert nach den einzelnen Planungsmitgliedern wie u. a. Objektplaner, Haustechnikplaner, Tragwerksplaner etc. behandelt um damit eine fest-



gelegte Strukturierung des Bauwerksmodells und der damit verbundenen Pläne zu erreichen. Die Angaben erfolgen softwareunabhängig und ermöglichen die Festlegung von vertraglichen Vereinbarungen mit den Projektbeteiligten [14].

### 2.3 Software und Schnittstellen – Interoperabilität

*Günther Specht und Rainer Breuss*

Die derzeit am Markt erhältlichen Softwareprodukte zur Bauwerksmodellierung sind primär auf systemeigene Datenformate ausgerichtet, wodurch ein Export der Daten in ein anderes Modellierungsprogramm über entsprechende Schnittstellen erfolgen muss. Im Zusammenhang mit BIM erfolgt der Datenaustausch zumeist über das IFC-Format, welches trotz dessen fortgeschrittenen Entwicklungsstands derzeit noch beim detailgetreuen Import der Originaldaten in ein anderes Programm fehleranfällig ist.

Ein wesentlicher Schritt, um diese Austauschbarkeit von Daten künftig sicherstellen zu können, ist die softwareunabhängige und eindeutige Verwendung von Eigenschaften und Merkmalen aller Elemente. Das sollte durch den Zugriff aus einer beliebigen Modellierungssoftware auf einen einheitlichen Merkmalsserver erfolgen, der diese Eigenschaften und Merkmale verwaltet, wodurch auf Basis der Verwendung eindeutiger Parameter ein Austausch der Daten zwischen den einzelnen Programmen anhand von Zuordnungen erfolgen kann.

#### 2.3.1 Der freeBIM-Merkmalsserver

Mit dem freeBIM-Merkmalsserver wurde in Österreich erstmals ein System zur vorbereitenden Diskussion für die Normierung als auch zur öffentlichen Abfrage von GUID(Globally Unique Identifier)-normierten Merkmalen erstellt. Der freeBIM-Merkmalsserver wird inzwischen vom Österreichischen Normungsinstitut (ASI – Austrian Standards Institut) als ASI-Merkmalsserver eingesetzt (im Folgenden werden daher beide Begriffe synonym verwendet). Entwickelt und betrieben wird er im Rahmen der freeBIM-Projekte, gefördert vom Amt der Tiroler Landesregierung an der Universität Innsbruck.

#### **bSDD (buildingSMART Data Dictionary) und freeBIM-Merkmalsserver**

Mit dem buildingSMART Data Dictionary (bSDD) [26] steht eine weltweite, zum Lesen offene Datenbank zur Verfügung, in der sämtliche Objekte der Bauwirtschaft mit deren Eigenschaften abgelegt werden. Diese Objekte und Eigenschaften sind im bSDD mit einem GUID hinterlegt und können somit für alle Sprachen dieser Welt eindeutig referenziert und verwendet werden. Durch die Eindeutigkeit ist es erstmals möglich, auch im Bauwesen auf

vereinheitlichte Begriffe zurückzugreifen und diese auch plattformübergreifend maschinell zu verarbeiten.

In Bild 6 ist als beispielhafter Auszug aus dem bSDD die Eigenschaft „tragendes Bauteil“ mit Übersetzungen dargestellt (s. Bild 6 rechts), abgelegt unter dem GUID 2mpoZhwgv4pwq\$VZSS-IJKN (s. Bild 6 links), als property (Eigenschaft des Bauteils), einbindbar in subjects (Baulemente) wie zum Beispiel Wand, Träger, Stütze.

Das bSDD ist aber weit mehr als eine reine Ansammlung von Daten. Die dort abgelegten Informationen sind über Beziehungen verknüpft. So steht neben der reinen Begrifflichkeit auch die Information bereit, welches Objekt welche Eigenschaft in welchem Ausmaß („Bemessung“) und in welcher Einheit hat.

Um diese Eindeutigkeit zu erlangen, müssen (national) die Begriffe, Objekte und Merkmale zuerst gesammelt, diskutiert, zugeordnet und von den nationalen Initiativen, welche ein Schreibrecht auf dem bSDD besitzen, freigegeben werden. Anschließend können in einem Abgleich der Daten mit dem bSDD neue oder bestehende, jedenfalls global eindeutige GUIDs zugeordnet werden. Diese stehen dann global über das bSDD oder gegebenenfalls lokal über den Rückabgleich in die Nationalen Datenbanken öffentlich zur Verfügung. Für diesen Diskussionsprozess wurde von freeBIM-Tirol in Zusammenarbeit mit dem ASI die Online-Datenbank **db.freebim.at** entwickelt, die das sog. „front-end“ für die bSDD-Datenbank darstellt.

In den ASI-Merkmalsserver db.freebim.at können derzeit alle berechtigten Mitglieder des ÖNORM-Gremiums schreiben und damit neue Konzepte (Objekte und Merkmale) erstellen und diskutieren. Nach der Freigabe und „VerGUIDung“ sind die normierten Einträge in der Online-Datenbank db.freebim.at öffentlich, und können mittels APIs automatisch in ihre Programme eingebunden und verwendet werden. Diese Einträge gelten in Österreich als Norm.

Einträge ins bSDD, die Bestandteil der ÖNORM werden sollen, erfolgen in Österreich im Rahmen der Normung ausschließlich über den ASI-Merkmalsserver. Firmen können im entsprechenden ÖNORM-Gremium Mitglied werden und darüber Vorschlags- und Schreibrechte in den Diskussions- und Schreibrechte in den Diskussions- teil des ASI-Merkmalservers erhalten und so letztlich ihre Bauteilbeschreibungen einpflegen und normieren. Die Verwendung und Abfrage ist für alle frei, weil die öffentliche Nutzbarkeit ein wesentliches Akzeptanzkriterium für die Anwendbarkeit der BIM-Technologie und eine Bedingung des Forschungsprojekts ist. Unternehmen, die bereits einen großen Datenbestand haben, stehen vor der Herausforderung, ihre unternehmenseigenen Standards mit



Bild 6. Screenshot aus dem bSDD [30]

den internationalen Standards abzugleichen, um BIM-fähig zu werden. Dabei geht es um den Abgleich oder die Übernahme der bSDD-GUIDs anstelle der firmeneigenen Identifikatoren (IDs) für alle Bauteile (subjects) und ihre Eigenschaften (properties). Wichtig ist, dass die Abfrage und später die Werte somit maschinenlesbar sind.

Der gleiche Weg und die gleiche Software kann auch für Normungsinstitute anderer Länder eingesetzt werden. Hier wird gerade an der Mehrsprachigkeit der Benutzeroberfläche gearbeitet. Für Deutsch, Englisch, Französisch und Spanisch ist die Mehrsprachigkeit bereits realisiert. Inhalte sind derzeit bereits in Deutsch und Englisch eingebaubar und vorhanden.

### Der freeBIM-Merkmalserver als Graphdatenbank

Der ASI-Merkmalserver ist als Graphdatenbank implementiert. In einer Graphdatenbank werden die Daten über Knoten und Kanten abgebildet, wobei sowohl Knoten als auch Kanten einen Namen haben und über beliebige Attribute verfügen können. Im folgenden Beispiel sind die beiden Knoten ‚Alice‘ und ‚Bob‘ über die Kante (Beziehung) ‚LOVES‘ verknüpft:

(Alice) – LOVES → (Bob)

In den ersten Diskussionsrunden wurden die gesammelten Daten in einer relationalen Datenbank abgelegt, wobei das Datenbank-Schema kurzerhand an die jeweils neuen Erfordernisse angepasst wurde. Eine relationale Datenbank setzt aber eine fix definierte Struktur der Tabellen und deren Verknüpfung über Primär- und Sekundärschlüssel voraus. Jede spätere Schemaänderung durch neue Attribute ist sehr aufwendig und kostspielig. Hier bieten die neuen, modernen Graphdatenbanken enorme Vorteile. Sie gehören zur wichtigsten Gruppe der NoSQL-Datenbanken und werden zunehmend populärer. Das Zeitalter der „One size fits all“-Datenbanken, gemeint sind damit die relationalen Datenbanken mit ihrem teilweise beträchtlichen Overhead, ist endgültig vorbei.

Die Verwendung einer Graphdatenbank führte im Entwicklungsprozess darüber hinaus zu einer Konzentration auf inhaltliche Fragen, da die informationstechnischen Diskussionen im heterogen zusammengesetzten Team aus Architekten, Ingenieuren und Informatikern fast völlig ausgespart werden konnten. Die Daten in der Graphdatenbank sind so abgelegt, wie sie im täglichen Sprachgebrauch verwendet wird:

(Tür) – HAT\_PARAMETER  
→ (Breite Durchgangslichte)

Wobei (Tür) das subject ist und (Breite Durchgangslichte) das property.

Über die Abfragesprache ‚Cypher‘ können die Daten der Graphdatenbank – ähnlich zu SQL bei relationalen Datenbanken – gelesen werden:

```
MATCH (object)-[:HAT_PARAMETER]
->(property) WHERE object.name='Tür'
RETURN property.name
```

Mit dem ASI-Merkmalserver arbeitet man aber ausschließlich mit einer komfortablen grafischen Schnittstelle im interaktiven Betrieb oder über APIs zur automatisierten Datenübertragung.

Subjects können beliebig viele properties haben und damit in der Graphdatenbank beliebig viele Ausgangskanten. Ebenso können subjects in einer hierarchischen Struktur stehen, damit sind auch Kanten zwischen subjects (z. B. zur Kennzeichnung von Ober- und Unterbegriffen) möglich. Kanten zwischen subjects und properties sind der Normalfall, aber auch Kanten zwischen properties (z. B. „equals“) sind möglich. Properties können in der Subject-Hierarchie vererbt werden. Nachdem dasselbe property auch von mehreren subjects referenziert werden kann, entsteht mathematisch eine Graph-Struktur und keine reine Baum-Struktur mehr. Daher liegt die interne Implementierung des Merkmalserver in einer Graphdatenbank nahezu auf der Hand und bietet nicht nur in der Abfrageperformanz große Vorteile. Der Endbenutzer braucht sich darum nicht zu kümmern. Für ihn ist alles hinter der Benutzeroberfläche verborgen.

### Die Merkmale des freeBIM-Merkmalserver

Der ASI-Merkmalserver wurde mit dem Ziel entwickelt, eindeutig referenzierbare Objekte und Merkmale für das Bauwesen definieren zu können und diese „österreichischen“ Objekte und Merkmale anschließend mit dem buildingSMART-Data-Dictionary abzugleichen und von dort einen eindeutigen GUID für jedes Objekt und jedes Merkmal zu erhalten. GUIDs werden nur vom bSDD vergeben. Beim Abgleich wird geprüft, ob es diese oder ähnliche Objekte bereits gibt, oder nur eine Namensangleichung vorliegt.

Oberstes Ziel ist Übersetzungen und Synonymen nicht verschiedene GUIDs zuzuordnen. Diese „verGUIDeten“ Einträge, die im bSDD abrufbar sind, werden dann wieder in den ASI-Merkmalserver zurückgespoolt und stehen als ÖNORM-genormte Einträge zur Verfügung. Es gibt im bSDD neben vielen öffentlichen und nichtöffentlichen Kontexten einen öffentlichen Kontext „freeBIM-DACH“, welcher Deutsch-deutsch, Deutsch-österreichisch und Deutsch-schweizerisch umfasst. Der ASI-Merkmalserver umfasst den Kontext Deutsch-österreichisch.

Die Diskussion und Erarbeitung der Objekte und Merkmale erfolgt im Sinne einer Redaktions-Plattform über die von freeBIM-Tirol entwickelte und online zur Verfügung stehende Web-Applikation [db.freebim.at](http://db.freebim.at).

Neben den für eine Web-Applikation üblichen Datenbankobjekten zur Benutzerrechte- und -Rollenverwaltung werden folgende Knoten verwaltet (hierin zeigt sich die eigentliche Mächtigkeit des Merkmalserver gegenüber den weit verbreiteten und in ihren Möglichkeiten eingeschränkten .xls Auflistungen von Merkmalen):

- Bemessung (haben einen Datentyp und eine Einheit oder sind Wertelisten),
- Bibliothek (sind unterschiedliche Datensammlungen wie z. B. ASI, IFC, spezielle Betriebe),
- Datentyp (gibt z. B. an, ob Millimeter als Ganzzahl oder Gleitkommazahlen angegeben werden),
- Disziplin (sind zugeordnete Bereiche wie z. B. Brandschutz, Heizungstechnik, Sanitär, etc.),
- Dokument (kann beliebige Texte enthalten, oder z. B. auch Verweise auf andere Normen oder IFC-Dokumentationen),
- Einheit,
- Komponente,
- Parameter,
- Parameter-Set,
- Projektphase,
- Wert,
- Werteliste.

Diese Knoten sind durch folgende Relationen verknüpft:

- DOCUMENTED\_IN
- EQUALS
- HAS\_COMPONENT
- HAS\_ENTRY
- HAS\_MEASURE
- HAS\_PARAMETER
- HAS\_PART
- HAS\_VALUES
- OF\_DATATYPE
- OF\_MATERIAL
- OF\_UNIT
- PARENT\_OF

Natürlich gibt es eine Vielzahl von Merkmalen, die von mehreren Objekten referenziert werden. In der Datenbank werden daher, falls sinnvoll, Objekte, die eine gleiche Teilmenge von Merkmalen aufweisen, wiederum zu Objekten zusammengefasst und so eine hierarchische Struktur entwickelt, in der die Merkmale von Objekten an die in der Hierarchie

Parameterliste für 'Wand'

Projektphase wählen

- 'Wand':

Nr.	Projektphase Δ	Parameter	Wert
1	1.1	GlobalId	IfcGloballyUniqueId ND
5	1.1	Bezeichnung	Freier Text ND
2	1.1	Name	Freier Text ND
3	1.1	Beschreibung	Freier Text ND
63	1.2	Außen gelegenes Element	<input checked="" type="radio"/> ND <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein
7	1.3	Länge (13)	Reelle Zahl ND cm
8	1.3	Breite	Reelle Zahl ND cm
9	1.3	Höhe	Reelle Zahl ND cm
10	1.3	Lichter Abstand zu Boden	Reelle Zahl ND m
11	1.3	Lichter Abstand zu Decke	Reelle Zahl ND m
61	2.1	Höhe Wand	Reelle Zahl ND mm
59	2.1	Tragendes Element	<input checked="" type="radio"/> ND <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein
60	2.1	Länge Wand	Reelle Zahl ND mm
51	2.1	Bruttovolumen	Reelle Zahl ND m <sup>3</sup>
50	2.1	Raumabschließendes Element	<input checked="" type="radio"/> ND <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein
49	2.1	Neigung Wand	Reelle Zahl ND °
64	2.1	Raumhöhe Wand	<input checked="" type="radio"/> ND <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein
47	2.1	Erdberührendes Element	<input checked="" type="radio"/> ND <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein
46	2.1	Dicke Wand	Reelle Zahl ND mm
45	2.1	Bruttogrundfläche	Reelle Zahl ND m <sup>2</sup>
44	2.1	Nettogrundfläche	Reelle Zahl ND mm

Schließen Als Vorgabe speichern Export als CSV Export als JSON Export als IFC

Bild 7. „Merkmale der Wand“

weiter unten stehenden Objekte ‚vererbt‘ werden. So erhalten z. B. die Objekte ‚Tür‘ und ‚Dach‘ automatisch auch alle Merkmale des in der Hierarchie darüberstehenden Objektes ‚Gebäude-Element‘, das wiederum alle Merkmale des vorgelagerten Objektes ‚Element‘ erhält, usw. (Bild 7).

Jedes Merkmal ist dabei einem Objekt ab einer bestimmten Projektphase zugeordnet. Durch diese Festlegung wird es zukünftig möglich sein, einerseits die Datenflut, die ein im Prozess befindlicher Mitarbeiter zu bearbeiten hat, auf eben genau den in dieser Projektphase nötigen Umfang zu beschränken. Andererseits kann geprüft werden, ob alle für eine bestimmte Projektphase erforderlichen Daten auch vollständig vorhanden sind.

Der ASI-Merkmalserver wurde im Rahmen des Projekts „freeBIM Tirol“ entwickelt und vom Institut für Informatik der Universität Innsbruck von der Forschungsgruppe Datenbanken und Informationssysteme (DBIS) programmtechnisch umgesetzt. Dort wird der Merkmalsserver gehostet. Den Autoren ist derzeit kein vergleichbares System als Vorstufe und Diskussionsgrundlage („Redaktionstool“ oder auch „authoring tool“) für den bSDD-Server

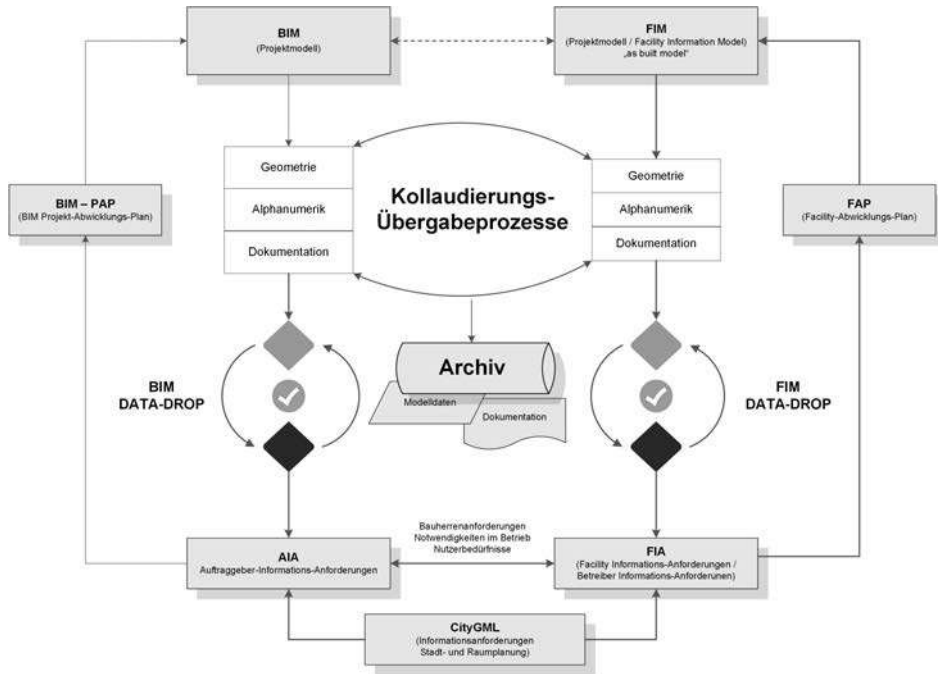
bekannt. Es wurde bereits von einigen Ländern Interesse an dem ASI-Merkmalserver bekundet.

## 2.4 Prozesse und Management

Die Kernphasen im Lebenszyklus einer Immobilie bilden die Planung, die Ausführung und der Gebäudebetrieb. Das Zusammenwirken dieser 3 Phasen wird wesentlich durch die Dreiecksbeziehung Auftraggeber (AG), Auftragnehmer (AN) und Betreiber geprägt. Die Gruppe der Planer wird – je nach Projektentwicklungsmodell (Einzelvergabe, GU) dem Auftraggeber oder dem Auftragnehmer zugeordnet.

Angelehnt an das Abwicklungsmodell der Schweiz (buildingSMART Switzerland, [31]) werden im Folgenden die Prozesse und Begriffe bei Verwendung der BIM-Methodik beschrieben (s. a. Abschnitt 3.1.1).

Der Gesamtprozess beginnt mit der Formulierung der Facility-Informationsanforderungen (FIA), welche die übergeordneten und strategischen Informationsbedürfnisse des AG bzw. Bauherrn beinhalten. Vorausgesetzt wird dabei ein professioneller Bauherr und Entwickler, der im Regelfall ein Liegenschaftsportfolio bewirtschaftet.



**Bild 8.** BIM Abwicklungsmodell in Anlehnung an [31])

Es folgt eine projektspezifische Beschreibung der Ziele und der benötigten Projekt-Informationen seitens des AG in einer Projektbezogenen Auftraggeber-Informationen-Anforderung (AIA), die eine bestimmte, vom AG definierte „Bestellqualität“ umschreibt (vgl. Abschnitt 2.2.). In den englischen Regelwerken zur BIM-Methodik wird die AIA als „Employer’s Information Request“ (EIR) [32] bezeichnet.

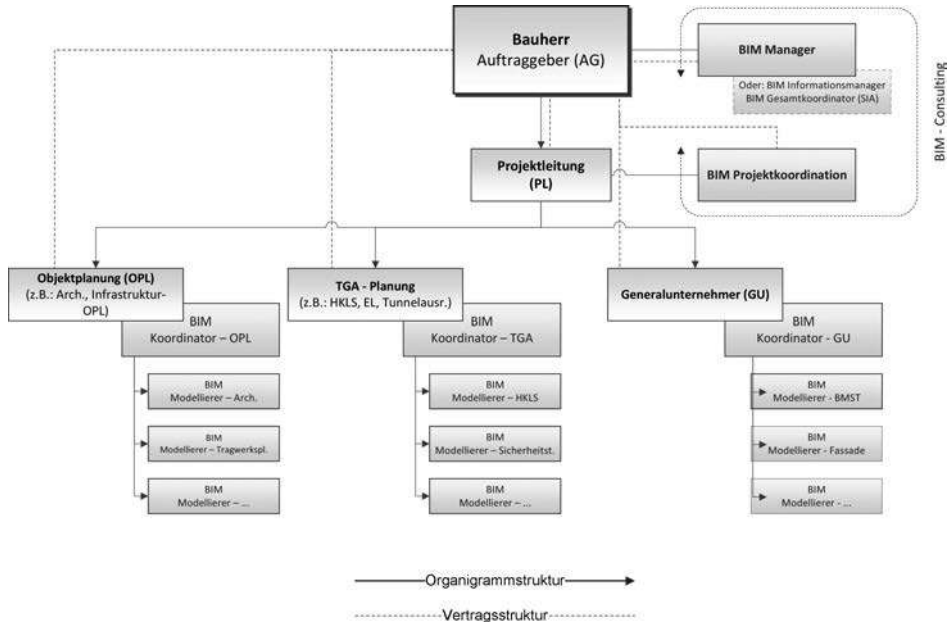
Darauf aufbauend wird im nächsten Schritt vom Planer oder – je nach Projekt-Abwicklungsmodell – vom AN ein BIM-Projekt-Abwicklungsplan (BIM-PAP) bzw. ein „BIM-Execution-Plan“ (BEP) [32] erstellt, welcher in Form eines Pflichtenhefts den Weg des AN zur Umsetzung der AIA beinhaltet.

Im Rahmen der Planung entsteht kontinuierlich das eigentliche Bauwerksmodell (BIM-Projektmodell), welches die Vorgaben seitens der AIA erfüllen muss. Das Facility Informationmodell (FIM) wird in der Phase der Inbetriebnahme des Gebäudes aus dem BIM-Projektmodell abgeleitet und beinhaltet die Erfüllung der auf Basis der in der FIA geforderten und für den Betrieb relevanten Anforderungen.

Für die Abwicklung des BIM übergibt der AG die Organisation der BIM Anforderungen in der Regel an einen BIM-Manager (auch als BIM-Gesamtmanager oder BIM-Informationenmanager bezeichnet), welcher den AG als Ansprechpartner im Zusammenhang mit BIM vertritt. Er fungiert als primärer Ansprechpartner bei Fragen zu BIM und als Verantwortlicher für die Zusammenführung der Teilmodelle zu einem Gesamtmodell und ist hierarchisch auf der Funktionsebene des Projektleiters angeordnet.

Der BIM-Koordinator organisiert demgegenüber alle für BIM notwendigen Festlegungen und Dokumente auf der Planer- bzw. auf der Auftragnehmerseite.

Aufbauend auf diesen Festlegungen der Ziele und Anforderungen dienen BIM-Abwicklungsmodelle als Basis für eine erfolgreiche Projektabwicklung mittels BIM. Die Grundlagen und Festlegungen für derartige Modelle können international u. a. der PAS 1192 – Teil 2 und 3 [32, 33], dem BIM Leitfaden für Deutschland [3] sowie dem Leitfaden „BIM Abwicklungsmodell“ der buildingSMART Switzerland [31] entnommen werden.



**Bild 9.** Rollen im BIM-Projekt

Mögliche Rollen in BIM-Projekten zeigt Bild 9. Die Bezeichnungen sind derzeit noch nicht genormt, daher findet man in der Literatur verschiedene Bezeichnungen für dieselben Rollen.

Die ISO 19650 zeigt eine phasenorientierte Darstellung der Prozesse und verwendet etwas geänderte Bezeichnungen (Bild 10).

In Bild 10 sind auch die FM-Prozesse in den Gesamtprozess eingegliedert, sodass der Gesamtrahmen der BIM-Methodik deutlich wird.

Wie im Endbericht zum Stufenplan zur Einführung von BIM beschrieben [34] und im BIM-Referenzprozess dargestellt (Bild 10), ist der Bauherr dazu angehalten, seine BIM-Anforderungen und Ziele lebenszyklusorientiert und projektphasenabhängig zu definieren und in den Auftraggeber-Informationen-Anforderungen (AIA) zu beschreiben. Die AIA kann dabei als eigenständiges Dokument oder als Teil des Projekthandbuchs verstanden werden, Bild 12. Auf Basis der AIA müssen dann BIM-Projektentwicklungspläne (BIM-PAP) für jeden projektspezifischen Bereich von den Planern oder von den mit der Umsetzung der AIA betrauten Projektmitgliedern erarbeitet werden (Bild 11).

Diese BIM-PAP sind das Rückgrat und die Konkretisierung der AIA (Bild 12) in Bezug auf die Erstel-

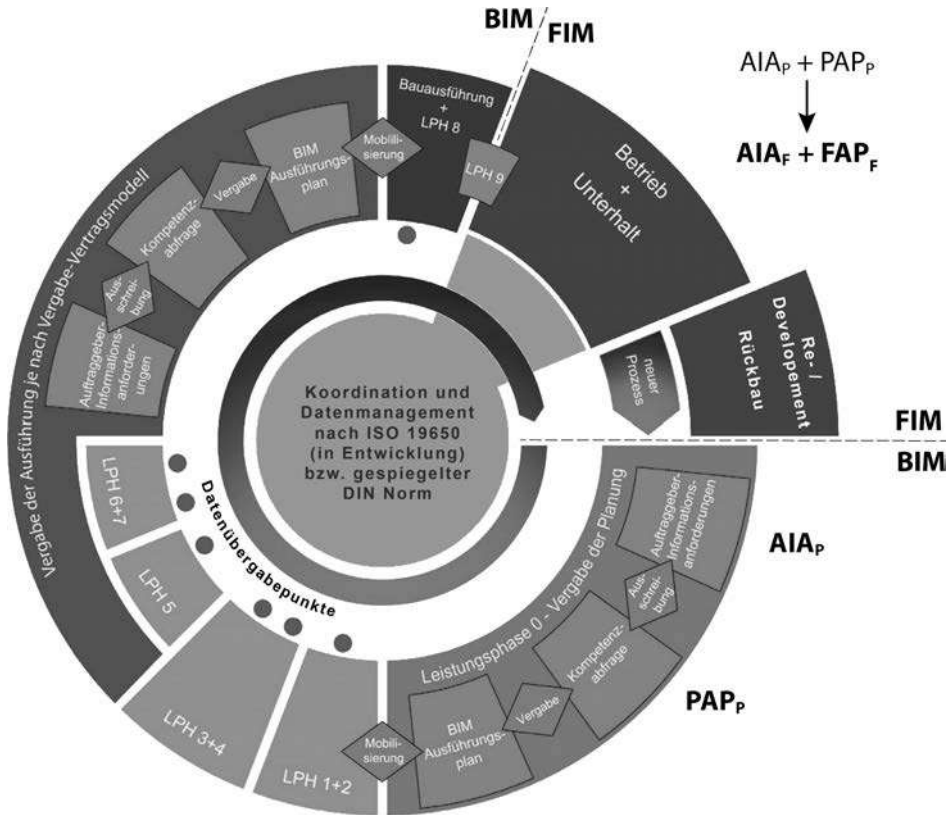
lung, Weitergabe und Verwaltung von Daten und Informationen.

### 2.5 Normative Situation

Die Erarbeitung und Veröffentlichung entsprechender Regelwerke für BIM wird international als notwendige Basis für eine interdisziplinäre „Modellierungs-Kooperation“ in Verbindung mit den dafür erforderlichen Prozessen erachtet.

In einigen europäischen Ländern wie z. B. Großbritannien und Norwegen, in denen BIM bereits seit einigen Jahren angewandt wird, werden bereits Standards von öffentlichen Auftraggebern bereitgestellt [3].

Dazu muss aber festgehalten werden, dass in den angloamerikanischen Ländern und auch in den nordeuropäischen Staaten das Unternehmereinsatzmodell Einzelvergabe praktisch unbekannt ist. Das bedeutet, dass so gut wie generell Kumulationsdienstleister (Generalunter- oder -übernehmer) die Umsetzung von Projekten übernehmen, oder dass zumindest ein Construction Manager die Gesamtverantwortung für die Ausführung übernimmt. Der vom Bauherrn mit zu verantwortende und veranlasste BIM-Einsatz findet daher – auch wenn er, wie in Großbritannien, inzwischen von den Behörden



- AIA<sub>p</sub> Auftraggeber-Informationen (Baumanagement)
- PAP<sub>p</sub> BIM-Projektentwicklungsplan (Baumanagement)
- BIM Building Information Modeling
- FIM Facility Information Management
- LPH Leistungsphasen nach HOAI (1–9)

**Bild 10.** Referenzprozess BIM-Bearbeitung (vgl. [35])

vorgegeben ist – meist nur bis zur Genehmigungsplanung statt. Danach ist es Sache des GU/GÜ, wie er mit dem Modell weiter verfährt. Das ist ein sehr wesentlicher Unterschied zu den Abwicklungs- und Unternehmereinsatzmodellen in den DACH-Ländern, auf den nicht oft genug hingewiesen werden kann.

**2.5.1 Stand der Normung International**

**Europa**

Als europäische Norm für BIM wird derzeit die Norm CEN/TC 442 seitens des CEN (European Committee for Standardization) anhand von folgenden vier Arbeitsgruppen erarbeitet:

1. Strategie und Planung (Leitung: Großbritannien),
2. Datenaustausch, Weiterentwicklung von IFC (Leitung: Deutschland),
3. Phasenmodell und Beschreibung der Prozesse (Leitung: Österreich),
4. Unterstützung von Merkmal-Servern (Leitung: Frankreich).

Als aktuelle Normen im europäischen Raum, welche derzeit als Entwurf vorliegen und erste Ergebnisse dieser Arbeitsgruppen beinhalten, gelten:

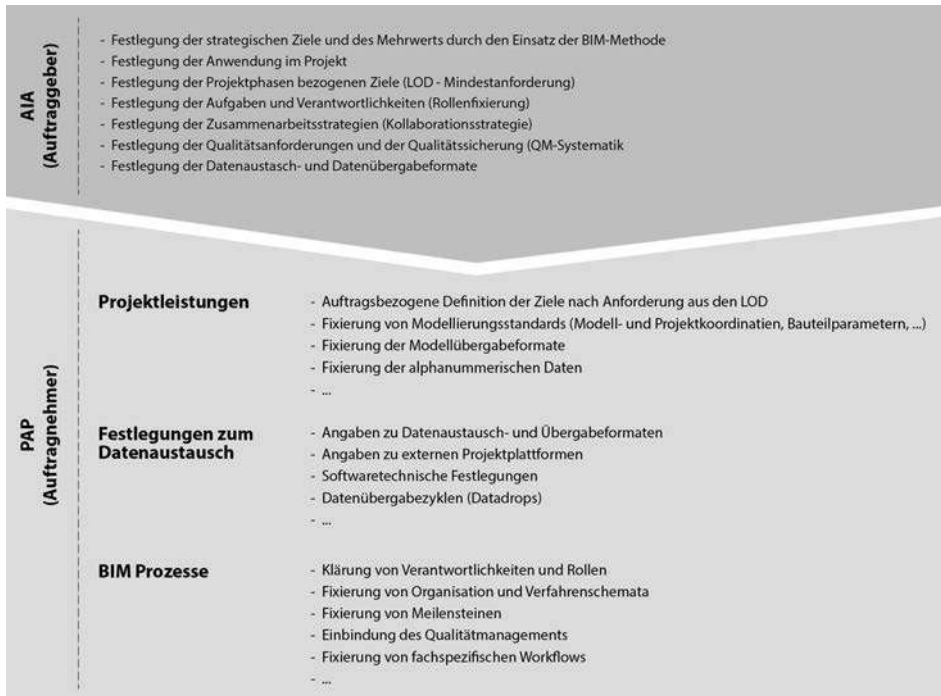


Bild 11. BIM-Projektentwicklungsplan

- EN ISO 29481-2:2016 (Entwurf) „Virtuelle Gebäudemodelle (BIM) – Informationshandbuch – Teil 2: Interaction Framework“,
- EN ISO 29481-1:2016 „Bauwerkinformationsmodelle – Informationslieferungshandbuch“,
- OENORM EN ISO 19650-1:2017-04 (Entwurf) „Organisation von Daten zu Bauwerken – Informationsmanagement mit BIM – Teil 1: Konzepte und Grundsätze“,
- OENORM EN ISO 19650-2:2017-04 (Entwurf) „Organisation von Daten zu Bauwerken – Informationsmanagement mit BIM – Teil 2: Lieferphase der Assets“.

### Deutschland

In Deutschland wurde 2015 für die Erstellung von Standards für BIM der „Arbeitsausschuss BIM“ gegründet, welcher derzeit wie oben angeführt die Leitung einer der vier CEN-Arbeitsgruppen übernommen hat (CEN/TC 442/WG 2 – Information Exchange). Anhand der neu entstehenden europäischen Norm sollte ein Rahmenwerk für die Projektentwicklung auf Basis von BIM in Deutschland geschaffen werden.

Ein weiteres Beispiel für die Standardisierung von BIM in Deutschland ist die Richtlinie DIN SPEC 91400. Diese stellt in Anlehnung an das in Deutschland verwendete Ausschreibungssystem *STLB-Bau* ein Klassifikations- und Beschreibungssystem für Building Information Modeling (BIM) zur Verfügung, das basierend auf dem Standard ISO 16739 eine Zuordnung der in der Ausschreibung verwendeten Informationen im Gebäudemodell ermöglicht [16].

### Großbritannien

In Großbritannien werden Normen seitens der BSI (British Standards Institution) erarbeitet und veröffentlicht. Die hier festgelegten Prozesse finden sich in vielen weiteren nationalen Standards (z. B. Schweiz, Deutschland, ...) in gleicher oder ähnlicher Form wieder. Für die Anwendung von BIM wurden u. a. folgende Richtlinien veröffentlicht [36]:

- AS 1192-2:2013 „Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling“,



# SIEMENS

## Inhaltsverzeichnis

<b>A</b>	<b>Rahmenbedingungen</b>	<b>4</b>
<b>A.1</b>	<b>Allgemeine Anforderungen</b>	<b>4</b>
A.1.1	Einheitliches BIM Verständnis	4
A.1.2	Projektbezogene Zieldarstellung	5
A.1.3	Methodisches Vorgehen	5
<b>A.2</b>	<b>BIM Gesamtprozess</b>	<b>8</b>
A.2.1	BIM Gesamtprozesslandkarte	8
A.2.2	Data Drops – Datenübergabezeitpunkte	8
A.2.3	Projektphasen	9
<b>A.3</b>	<b>BIM Rollen, Verantwortlichkeiten und Aufgaben</b>	<b>9</b>
A.3.1	Übersicht	9
A.3.2	Projektmanagement	10
A.3.3	Location Management	11
A.3.4	Informationsmanagement	11
A.3.5	FM Beratung	12
A.3.6	BIM Management	13
<b>A.4</b>	<b>BIM Dokumente und technische Projektstandards</b>	<b>15</b>
A.4.1	Meilensteine und Verantwortlichkeiten	15
A.4.2	BIM@SRE Standarddokumente	16
A.4.3	Projektspezifische Dokumente	16
A.4.4	Technische Projektstandards	18
<b>B</b>	<b>BIM Anwendungsfälle</b>	<b>20</b>
<b>B.1</b>	<b>Kollaboration und Kommunikation</b>	<b>23</b>
B.1.1	Ziele und Mehrwerte	23
B.1.2	Anforderungen	23
B.1.3	Phasenbezogene Einordnung	23
B.1.4	Data Drops Datenlieferungen/Lieferleistungen	23
B.1.5	Verantwortlichkeiten	24
<b>B.2</b>	<b>5D Kostenbenchmark</b>	<b>25</b>
B.2.1	Ziele und Mehrwerte	25
B.2.2	Anforderungen	25
B.2.3	Phasenbezogene Einordnung	27
B.2.4	Data Drops - Datenlieferungen/Lieferleistungen	28
B.2.5	Verantwortlichkeiten	29
<b>B.3</b>	<b>6D Lebenszykluskosten</b>	<b>30</b>
B.2.1	Ziele und Mehrwerte	30
B.2.2	Anforderungen	30
B.2.3	Phasenbezogene Einordnung	31
B.2.4	Data Drops - Datenlieferungen/Lieferleistungen	31

Bild 12. Beispielhaftes Inhaltsverzeichnis einer AIA [36]

- PAS 1192-3:2014 „Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling“,
- PAS 1192-4:2014 „Collaborative production of information“.

In diesen Richtlinien werden unter anderem Methoden für die Zusammenarbeit und den Informationsaustausch mittels BIM angeführt sowie eine mögliche Gliederung für den Aufbau eines BIM-Projekts angegeben. Dadurch können diese Standards als Leitfaden für einen kooperativen Arbeitsprozess verwendet werden. Weitere Inhalte sind Methoden für die Verwaltung der Produktion, Verteilung und Qualität von Konstruktionsinformationen sowie die Angabe von Anforderungen an das Informationsmanagement, Gebäude und Infrastrukturanlagen (CDE – Common Data Environment).

Die NBS National BIM Library stellt eine Online-Plattform für Objekte verschiedener Nutzungsbereiche und Hersteller zur Verfügung, welche individuell in das Bauwerksmodell integriert werden können [37].

### Norwegen

In Norwegen wurde als BIM-Richtlinie das „Statsbygg Building Information Modelling Manual“ in der derzeit aktuellen Version 1.2.1 veröffentlicht. Dieses Regelwerk beinhaltet allgemeine und fachspezifische Anforderungen an Bauwerksmodelle und den Austausch im unabhängigen IFC-Format im Rahmen von Projekten und in Bezug auf Bestandsgebäude [27].

### USA

In den USA stellt der „National BIM Standard-United States“ (NBIMS-US) ein Regelwerk zur Umsetzung der Anwendung von BIM zur Verfügung. Ausgehend vom „National BIM Standard-United States Project Committee“, einem Komitee von buildingSMART und Teil des „National Institute of Building Sciences“, werden in mehreren Dokumenten die einzelnen Teilbereiche von BIM erläutert [38].

### 2.5.2 Stand der Normung National

Österreich war 2015 eines der ersten Länder im deutschsprachigen Raum, in dem eine Norm bezüglich BIM erarbeitet und als Standard veröffentlicht wurden. Folgende BIM-Normen wurden vom ASI (Austrian Standards Institute) herausgegeben:

- ÖNORM A 6241-1 „Digitale Bauwerksdokumentation – Teil 1: CAD-Datenstruktur und Building Information Modeling (BIM) – Level 2“,
- ÖNORM A 6241-2 „Digitale Bauwerksdokumentation – Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3 – iBIM.“

In der ÖNORM A 6241-1 werden grundsätzlich Begriffe, Strukturen und Darstellungsgrundlagen sowohl für den Datenaustausch von 2D-CAD-Dateien als auch für BIM festgelegt, um dadurch eine Basis für die technische Umsetzung des Datenaustauschs und der Datenhaltung von Gebäudeinformationen im Hochbau und Konstruktionen im Tiefbau zu schaffen [39]. Die ÖNORM A 6241-2 bietet aufbauend auf Teil 1 der ÖNORM Grundlagen für einen einheitlichen und produktneutralen Austausch von Informationen im Bauwerksmodell auf Basis von IFC (Industrial Foundation Classes) und bSDD (buildingSmartDataDictionary) [1]. Im deutschsprachigen Raum werden zudem mangels einer europäischen Norm sehr viele Standards für BIM von Planern und privaten Auftraggebern (z. B. ILF, ATP, Siemens, Hilti, ...) erarbeitet und als unternehmensinterne Richtlinien eingesetzt. Dies führt allerdings insbesondere für BIM-kundige Planer zum Problem, dass eigene Standards nicht verwendet werden können und zumindest hinsichtlich Attribuierung und Bezeichnung von Properties wieder bei null begonnen werden muss [7].

### 2.5.3 Austauschformate

Für die Organisation des Datenaustauschs wurde die EN ISO 16739:2013 „Industry Foundation Classes (IFC) für den Datenaustausch in der Bauindustrie und dem Anlagen-Management“ herausgegeben, welche sich auf das seitens buildingSMART mitentwickelte IFC Format bezieht. Derzeit liegt die Version IFC 4 Add1 vor.

IFC ist ein seitens buildingSMART entwickelter offener Standard im Bauwesen, um die Daten von Bauwerksmodellen austauschen zu können. Das IFC-Schema beinhaltet Angaben, welche hierarchisch aufgebaut sind und auf der EXPRESS-Programmiersprache aufbauen. Die Verbindung zwischen den Objekten wird durch Abhängigkeiten und Attribute erreicht. Eine IFC-Datei beinhaltet im ersten Abschnitt (=Header) allgemeine Informationen zum IFC-Modell wie u. a. Angaben zum IFC Schema, zur Datenbank und zum Datum der Modellerstellung. Der nachfolgende Teil (=Data) beinhaltet zeilenweise Einträge zu den sogenannten Entitäten (s. Bild 6), welche die Klassen der Datenstruktur darstellen [40].

Als Beispiel für die Struktur von IFC wird nachfolgend die Klasse IFCRelSpaceBoundary betrachtet (Bild 13), welche die Umfassungsflächen von Räumen näher definiert. Am Zeilenbeginn ist jeweils eine eindeutige Nummer (hier: #178) und der Klassenname der Entität zugeordnet. Innerhalb der nachfolgenden Klammer sind spezifische Attribute dieser Entität zugeordnet, welche zusätzliche Informationen darstellen oder Bezüge zu weiteren Entitäten anhand deren Nummern wiedergeben. Der erste Eintrag ist generell der GUID, welcher die

```
#163= IFCSPACE('1uUQqHrT4Pfejj3PNsIM,#41','1',$,$,#148,#159,'Wohnzimmer',ELEMENT.,INTERNAL.,$);
#168= IFCARTESIANPOINT((-17.1861995759344,109553767725988));
#178= IFCARTESIANPOINT((-20.8061995759344,109553767725988));
#172= IFCPOLYLINE((#168,#178));
#174= IFCARBITRARYOPENPROFILEDEF(CURVE.,$,#172);
#175= IFCAXIS2PLACEMENT3D(#6,$,$);
#176= IFCSURFACEOFLINEAREXTRUSION(#174,#175,#19,3,3);
#177= IFCCONNECTIONSURFACEGEOMETRY(#176,$);
#178= IFCRELSPACEBOUNDARY('2yEiiEnXDEKqkGqXuUZXsc',#41,'1stlevel',$,#163,$,#177,VIRTUAL.,INTERNAL.);
```

**Bild 13.** Ausschnitt IFC Datei

eindeutige Zuordnung jedes Objekts innerhalb eines Projekts sicherstellt. Die weiteren Attribute sind in diesem Fall u. a. „1st Level“ als Angabe für den Zusammenhang der Umfassungsfläche in Bezug auf die gegenüberliegenden Raumflächen und „Internal“ für die Angabe der Zuordnung der Fläche zum Innenraum. Als Beziehung zu einer weiteren Entität ist u. a. #163 angeführt, wodurch die Zuordnung der Fläche zu einem bestimmten Raum (=IFCSpace) erfolgt.

Für die Entwicklung von Informationsmodellen als Basis für die gemeinsame Zusammenarbeit wurde die ISO 12006-3:2007 „Building construction – Organization of information about construction works – Part 3: Framework for object-oriented information“ veröffentlicht.

## 2.6 Dimensionen von BIM

### 2.6.1 4D-BIM

*Daniel Krause*

#### **Bewertung des Stands der Technik und Forschung im Bereich 4D-Ablaufplanung [18]**

Die Bauablaufplanung muss alle zu einem Projekt gehörenden Prozesse mit ihrem jeweiligen Zeitaufwand und den bestehenden Abhängigkeiten abbilden. Vielfach sind Prozesse untereinander verknüpft oder stehen in Wechselwirkung mit- und zueinander, sodass auch Ergebnisse eines Prozesses wiederum einen neuen Prozess anstoßen oder in einen neuen Prozess münden können [41]. Für die Ablaufplanung müssen die entsprechenden Informationen zu Abläufen, Vorgehensweisen, Ressourcen, Randbedingungen und allen anderen zugehörigen Komponenten vom jeweiligen Bearbeiter identifiziert werden. Erstellt man den „kritischen Weg“ (freier Puffer jedes Vorgangs = null), so stehen jene kritischen Prozesse fest, deren Dauer und/oder Abfolge nicht geändert werden dürfen, ohne die Gesamtprojektdauer zu verändern. Klassische Softwarelösungen können jedoch die Korrektheit von solchen „kritischen Wegen“ und damit von gesamten Zeitplänen nicht beurteilen. Das muss immer durch den Bearbeiter oder das betroffene Team er-

folgen. Eine Optimierung der Prozessdauer bei einer gegebenen Menge an Ressourcen und Zeit mit Blick auf die Gesamtkosten oder Gesamtdauer des Projekts ist so immer vom Bearbeitungsteam abhängig und automatisiert nicht oder nicht direkt möglich. Insofern ist eine automatische Terminplan-Erstellung aus Bauwerksmodellen heute noch nicht Stand der Technik.

Allerdings zeichnet sich die Simulation von Bauprozessen als geeigneter Ansatz für die detaillierte und digitalisierbare Untersuchung von Ablaufplänen ab [42]. Die Simulation solcher Prozesse verlangt jedoch die Lösung des Detaillierungsproblems. Dieses ergibt sich aus den verschiedenen Detaillierungsgraden der Daten und Informationen (Bilder 14, 15) je nach Planungs- und Bauphase (engl. Level of Development, kurz LOD) [43].

Eine Ablaufplanung muss diese im Zeitverlauf stufenweise fortschreitende Entwicklung der Detaillierungstiefe berücksichtigen.

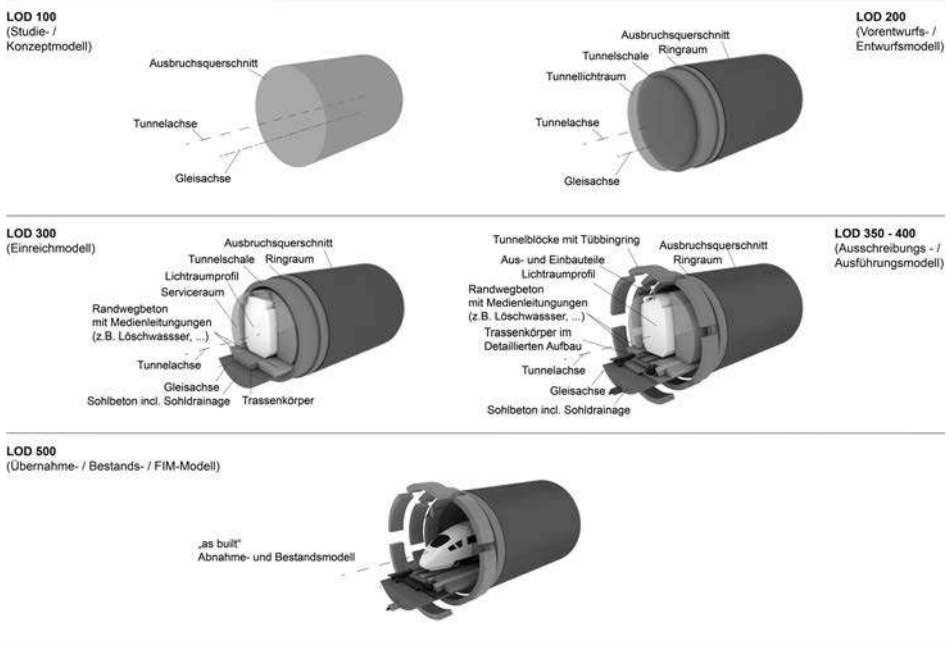
Eine Spezifizierung und Zuordnung von Vorgängen zu Bauteilen ist aktuell bereits in verschiedenen Softwarelösungen prinzipiell möglich. Beispielhaft genannt seien hier Synchro 4D, VICO Office oder Autodesk Navisworks. Die Basis einer 4D-Ablaufplanung und -simulation bildet dabei der BIM-Ansatz durch die Verknüpfung der zeitlichen Dimension mit dem 3D-Modell. Die Eignung von BIM zur Unterstützung der Ablaufplanung wurde im deutschsprachigen Raum in den großen Verbundprojekten zum digitalen Planen und Bauen ForBAU [17] und MEFISTO untersucht. Im Forschungsprojekt MEFISTO wurden mit der prototypischen Entwicklung des SiteSim Editor Nutzungspotenziale von Prozessstandards der Planung und Simulation von Bauablauf- und Terminplänen verdeutlicht, die insbesondere durch eine detaillierte Modellierung repetitiver Abläufe in Form von Prozessmustern über die Funktionalitäten marktgängiger Softwarelösungen für die 4D-Planung hinausgeht [45].

Erhebliches Forschungspotenzial in der 4D-Planung liegt aber weiterhin in den im Folgenden erläuterten Problemfeldern:

LoD 100	LoD 200	LoD 300	LoD 400	LoD 500
				
Raumgröße und Funktion sind definiert.	Funktionseinheiten sind festgelegt und angeordnet. Bauelemente sind definiert.	Spezifische Produkt- und Materialangaben sind erfolgt. Qualität ist festgelegt. Termine und Kosten wurden veranschlagt.	Alle Ausführungsdetails wurden definiert: Oberflächen, Anschlüsse, Verbindungen, Fugen, Ausführungstermine, Kosten etc.	Bau- und Produktdokumentationen sind vorhanden, Angaben zu Lieferanten, Unternehmern, Garantien, Serviceterminen und Lebensdauer wurden ergänzt.

**Planungsverlauf (HAOI Leistungsphasen 1-7)**

**Bild 14.** Zunehmender Detaillierungsgrad der Planungsphase im Hochbau (nach PAS 1192-2:2013)



**Bild 15.** LOD Übersicht Tunnelbau (Schemadarstellung) [44]

1) *Zu großer Aufwand bei der Verknüpfung von CAD-Modell und Terminplan*  
 Werden bauteilorientierte CAD-Programme eingesetzt, muss für die Erstellung des 4D-Modells eine aufwendige Verknüpfung zwischen den Objekten des 3D-Modells und den Tätigkeiten umgesetzt werden [46]. Da keine automatische Verknüpfung möglich ist, muss jedes Bau-

teil im 3D-Modell mit mindestens einer Tätigkeit verknüpft werden. Ansätze für automatisierte bzw. regelbasierte Verknüpfungen sind bei vorheriger Programmierung möglich. Grundlage dafür sind zuvor definierte Attribute, welche durch Anwendung von Filtern im 3D-Modell zugeordnet und im Terminplan hinterlegt werden [16].

- 2) *Zu großer Aufwand bei der Definition der Sequenz der Tätigkeiten*  
Eine automatisierte Definition der Abhängigkeiten zwischen den Teilprozessen ist nicht möglich.
- 3) *Zu großer Aufwand bei der Aktualisierung des 4D-Modells*  
Eine Aktualisierung bei einer Änderung des 3D-Modells oder des Terminplans muss derzeit noch unter großem Aufwand manuell erfolgen.
- 4) *Zu großer Aufwand beim Vergleich mehrerer Planungsvarianten*  
Eine automatische Generierung des 4D-Modells ist nicht möglich, wodurch die Prüfung verschiedener Planungsvarianten mittels 4D-Visualisierung aufwendig ist und daher im Regelfall unterbleibt.

Ein hohes Maß an Flexibilität und Standardisierung bleibt so Ziel der Optimierungsansätze der Ablaufplanung. Hinzu kommt der Anspruch auf Robustheit, d. h. eine Unempfindlichkeit gegenüber Abweichungen, welche die Planung insgesamt sichern würde. Um diese Vereinfachungen zu erreichen, fehlt aber die Möglichkeit, die Komponenten der Bauabläufe automatisch bzw. teilautomatisch zu generieren.

Die Ablaufplanung soll erleichtert werden, indem Tätigkeiten und Vorgänge auf der Grundlage von Prozessvorlagen („Prozess-Templates“) modelliert und standardisiert werden. Zimmermann sieht die Notwendigkeit, Modelle auf höherer Abstraktionsebene einzusetzen [47]. Der Einsatz abstrakter Modelle anstelle produktorientierter Tätigkeiten ermöglicht einen hohen Grad an Planungs-, Terminierungs- und Organisations- sowie Qualitätssicherung. Der UML(Unified Modeling Language)-Ansatz erlaubt die Einführung nützlicher Parameter zur Beschreibung des Steuerungsaufwands in finanzieller und technischer Hinsicht. Parameter sind z. B. die Erweiterung von maximalen Reihen, der Grad der Parallelität und Komplexität und Parameter zur Beschreibung der gesteuerten Aktivitäten auf der Zeitachse. Durch Parametrisierung kann ein besserer Einblick in die Steuerung und Fertigungssicherheit komplexer Projekte im Bauwesen erreicht werden [47]. Ausgehend davon, dass ein Bauprojekt im Regelfall ein nicht wiederkehrendes, einzigartiges und daher meist nicht über Standard-Organisationsstrukturen umzusetzendes Vorhaben ist, sind Prognosen zu Dauer und Kosten für die Bereiche Immobilienentwicklung, Planung und Konstruktionsmanagement eher ungenau. [48]. Hier sind die Volumina hoch, Märkte klein und Gewinnspannen zu vernachlässigen [47]. Für die erfolgreiche Projektdurchführung innerhalb der Produktion erweist sich die gemeinsame Nutzung von Ressourcen im physischen oder auch abstrakten Sinne als hilfreich. Verbesserte Zuordnungen der gemeinsamen Res-

ourcen zu singulären Elementen im Sinne der Planung der Organisation sind jedoch laut Zimmermann und Eber als Aufgabenfeld recht anspruchsvoll [47].

Auf dieser Analyse setzt Krause auf und schlägt eine Verknüpfung von BIM mit Bauprozessen vor, die im Sinne einer Vereinfachung auf „Lean-Überlegungen“ des Konstruktionsprozesses aufbauen [18]. Insbesondere im geschossorientierten Hochbau sind solche Lean-Prozesse relativ einfach darzustellen und vereinfachen den Ablaufplanungs-Prozess immens. Die Forschungsfrage

*Wie lässt sich eine smarte Ablaufplanung für Bauprojekte umsetzen? (smart hier im Sinne von: kundenspezifisch, standardisiert, wissensbasiert, flexibel, lernend, kooperativ, digital)?*

wird von Krause dahingehend beantwortet, dass eben nur durch die Verschränkung und Verknüpfung von digitaler Bauwerksmodellierung mit vereinfachten, schlanken, möglichst standardisierten und klar strukturierten Bauprozessen eine vernünftige digitale Bauablaufplanung möglich ist.

Krause ertet folgende wesentlichen Komponenten, die bei der BIM-gestützten Ablaufplanung besonders beachtet werden müssen:

- Zusammensetzung des Projektteams und der vertraglichen Konstellation,
- Projektorganisation (Interaktion der Beteiligten, Kommunikationsprozesse etc.),
- eingesetzte Methoden und Bauverfahren,
- lokale Gegebenheiten (Beschaffenheit des Baugrunds, angrenzende Bebauung und Erschließung, räumliche Gegebenheiten auf der Baustelle),
- Kundentypologie (z. B. öffentlich, privat, gewerblich).

Gleichzeitig zeichnet sich insbesondere im Laufe der letzten Jahre ein drastischer Bedeutungszuwachs einer lebenszyklusübergreifenden Nachhaltigkeit von Bauwerken ab, die gleichsam übergeordnet berücksichtigt werden muss. In der Baupraxis schlägt sich dies durch steigende planerische Anforderungen z. B. in den Bereichen Energieeffizienz, Rentabilität oder architektonische Individualität nieder.

Die Herausforderung einer Bauablaufplanung liegt im Unikatcharakter jedes Projektes. Dieser ergibt sich u. a. aus der Variabilität der Projektbeteiligten, der Projektorganisation, der Bauverfahren und Produktionsmittel, der Materialien, der Kundentypologie und der örtlichen Gegebenheiten. Daraus resultiert heute für jedes neue Projekt eine Ablaufplanung mit Start „fast bei null“, d. h. ohne durchgängige, systematische Wiederverwertung strategischer Prozessansätze. Zudem zeigt sich aufgrund steigen-

der Gebäude- und Planungsanforderungen eine grundlegende Zunahme der Komplexität von Bauprojekten, wodurch der Aufwand der Bauablaufplanung prinzipiell noch zusätzlich ansteigt.

Als Lösungsansatz für diese Problemstellung ist von Krause ein Konzept für eine *smarte* Bauablaufplanung entwickelt worden (Bild 16). Die Grundlagen des Konzepts bilden (a) die Adaption von Methoden des Lean Managements (organisatorischer Ansatz) sowie (b) die Einbindung in einen ganzheitlichen Ansatz der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) bzw. BIM-basierten Prozessansatz (technologischer Ansatz).

Konkret liegt ein Schwerpunkt des Konzepts einer *smarten* Bauablaufplanung in der systematischen, anforderungsorientierten Auswahl und Komposition organisatorischer Prozessstrategien mit einem Fokus auf Prinzipien der Lean Construction. Einen weiteren Schwerpunkt stellt der Einsatz von BIM für eine teilautomatisierte Generierung und Simulation komplexer Bauabläufe auf Bauteilebene dar. Der Lösungsansatz verbindet somit die beiden zum heutigen Zeitpunkt wichtigsten Ansätze der Prozessoptimierung im Bauwesen: Lean Construction und Digitales Planen und Bauen bzw. BIM.

Eine Umsetzung des Konzepts soll an den qualitativen Erfolgskriterien *kundenspezifisch, standardisiert, wissensbasiert, flexibel, systemoffen (lernend), kooperativ und digital* bzw. *BIM-kompatibel* gemessen werden. Zielsetzungen sind die Steigerung der Planungseffizienz, d. h. eine Reduzierung des personellen und zeitlichen Aufwands bei der Planung komplexer Abläufe, sowie eine kundenspezifische Optimierung der geplanten Bauabläufe in den Kategorien Qualität, Kosten und Zeit.

Als Werkzeug für die Prozessmodellierung und -simulation wird das Programm SiteSim Editor genutzt, eine im Rahmen eines Forschungsprojekts entwickelte prototypische Software.

Angestrebt werden dabei insbesondere die Komplexitätsbewältigung und eine Steigerung der Planungseffizienz sowie eine kundenspezifische Optimierung der Ablaufplanung.

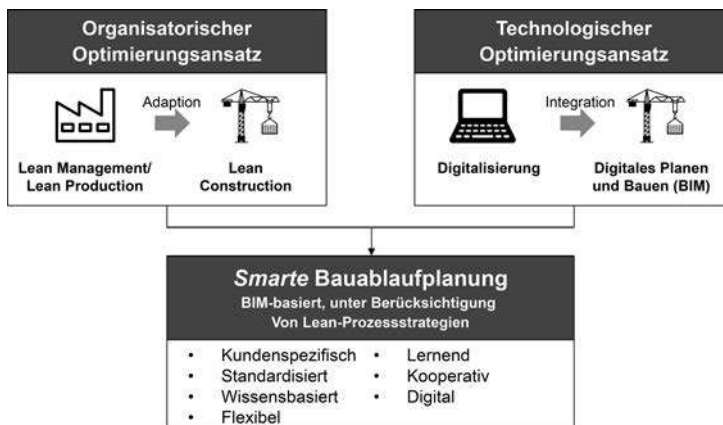
Die Vorgehensweise zur Anwendung des Konzepts lässt sich anhand der folgenden vier Phasen skizzieren (schematische Darstellung in Bild 17):

**Phase 1:** Bestimmung eines kundenspezifischen Anforderungsprofils an die Ablaufplanung

- a) Typologisierung der Bauprojektart bzw. des Kundenszenarios in Analogie zu Produktfamilien in der stationären Industrie,
- b) Gewichtung bauablaufrelevanter Anforderungsindikatoren (in den Kategorien Kosten, Zeit und Qualität).

**Phase 2:** Komposition organisatorischer Prozessstrategien für die Ablaufplanung auf Basis des Anforderungsprofils

- a) Beschreibung von Prozessstandards in Form wiederkehrender Strategiekomponenten (für alle Wertstrombereiche: Planung/Auftragsabwicklung, Projektsteuerung, Bauproduktion, Beschaffungslogistik) mit Fokus auf Lean-Methoden sowie Bewertung der Strategiekomponenten bezüglich ihrer Eignung zur Erfüllung der im ersten Schritt definierten Anforderungsindikatoren,
- b) Auswahl geeigneter Strategiekomponenten für das jeweilige Kundenszenario sowie Komposi-



**Bild 16.** Smarte Bauablaufplanung auf Basis organisatorischer und technologischer Optimierungsansätze

tion organisatorischer Prozessstrategien durch Zusammenführung der Strategiekomponenten für alle Wertstrombereiche (zunächst für globalen Wertstrom des ganzen Ausführungsprojekts, dann auf Bauteilebene).

**Phase 3:** Softwarebasierte 4D-Modellierung und Simulation der Ablaufplanung

- a) Verknüpfung des 3D-Gebäudemodells mit Prozessmustern auf Bauteil-/Objektebene in einer geeigneten Software als Vorlage für die 4D-Ab-  
laufplanung (z. B. Verknüpfung des Objekts einer Stütze mit dem entsprechenden Prozessmuster für eine Stütze),
- b) Gestaltung und Simulation der Bauablaufplanung durch Dimensionierung und Sequenzierung der Prozessmuster auf Basis der in Schritt

2 definierten organisatorischen Prozessstrategien,

- c) Simulation und Evaluation des Bauablaufs sowie iterativer Optimierungsprozess zur bestmöglichen Erfüllung des in Schritt 1 definierten Anforderungsprofils.

**Phase 4:** Begleitung der Bauausführung und ggf. Aktualisierung der Ablaufplanung. Konzept-Update nach Projektabschluss

- a) Erneuter Durchlauf von Phase 2 und Phase 3 bei notwendiger Umplanung oder unerwarteter Störung während der Bauausführung,
- b) Erweiterung oder Korrektur des Konzepts auf Grundlage gewonnener Erkenntnisse nach Projektabschluss im Rahmen eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses.

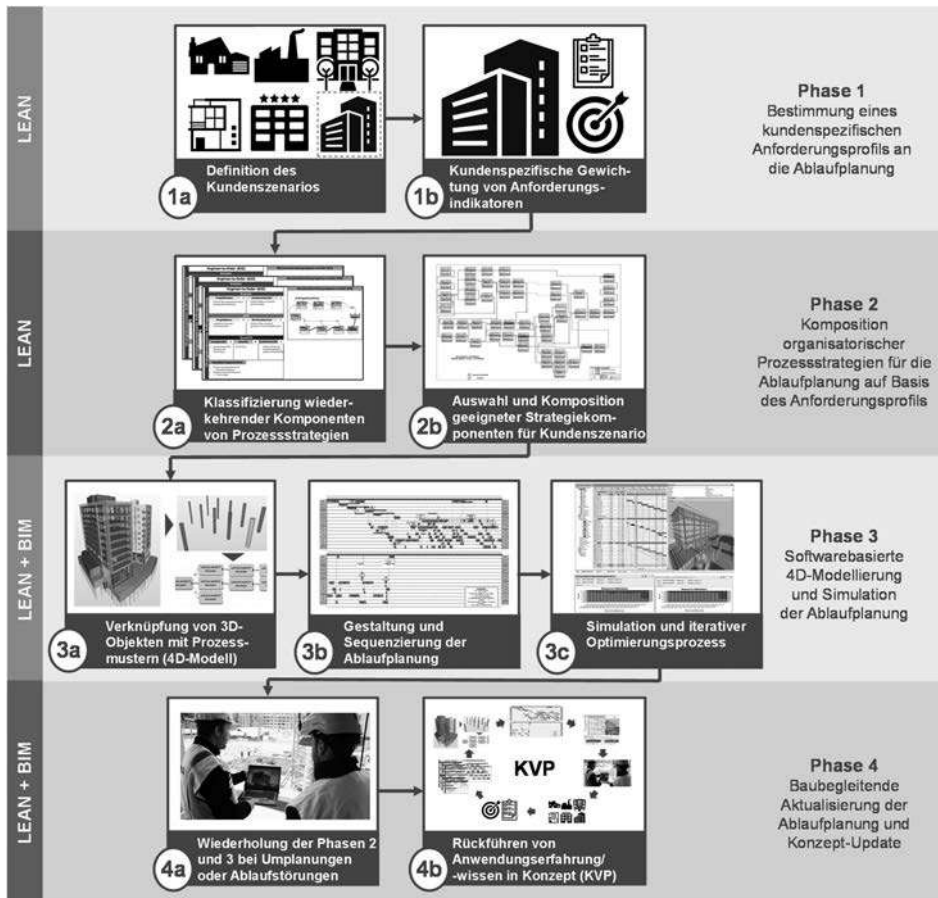


Bild 17. Schematische Darstellung der Vorgehensweise zur Anwendung des Konzepts

Als Fazit kann zusammengefasst werden, dass das Konzept einer BIM-basierten *smarten* Ablaufplanung unter Berücksichtigung von Lean-Prozessstrategien in einer Pilotanwendung erfolgreich validiert wurde und alle für den Lösungsansatz definierten Erfolgskriterien erfüllt [18].

## 2.6.2 5D-BIM

*Martin Mösl*

### Strukturierung von Kosten

Die Angabe von Kosten erfolgt in der Planungsphase in der Regel auf Basis von Kennwerten oder mit Elementkosten in Verbindung mit einem entsprechenden Gliederungssystem. Diese Systeme leiten sich zumeist aus Regelwerken bzw. Normen ab oder ergeben sich aus unternehmens- oder softwarebezogenen Strukturvorlagen. Die Ermittlung von Herstellungskosten wird zunehmend durch eine erweiterte Kostenermittlung ergänzt, welche alle im Lebenszyklus eines Bauwerks entstehenden Kosten beinhaltet. Auf Basis von Lebenszykluskosten können strategische Entscheidungen erfolgen, welche sowohl die Errichtung als auch den Betrieb und Rückbau eines Bauwerks umfassen.

Dementsprechend sind die aktuellen Normen zu Lebenszykluskosten in Errichtungskosten und Folgekosten gegliedert. Die aktuellen Richtlinien im deutschsprachigen Raum, welche sich mit der Strukturierung von Errichtungskosten beschäftigen, sind in Deutschland die DIN 276-1:2008 „Kosten im Bauwesen – Teil 1: Hochbau“ [49], in Österreich die ÖNORM B 1801-1:2015 „Bauprojekt- und Objektmanagement – Teil 1: Objekterrichtung“ [50] sowie in der Schweiz die SN 506 500 „Baukostenplan BKP“ [51]. Als Grundlagen für die erweiterte Kostenermittlung zur Erfassung der Folgekosten wurden in Deutschland die DIN 18960 „Nutzungskosten im Hochbau“ [52] und in Österreich die ÖNORM B 1801-2:2015 „Bauprojekt- und Objektmanagement – Teil 2: Objekt-Folgekosten“ [53] veröffentlicht.

Auf einer planungsorientierten Kostenermittlung aufbauend wird in der Regel eine leistungsorientierte Ist-Kostenerfassung durchgeführt, weshalb die elementbezogenen Kosten in den Kontext der Bauausführung übersetzt werden müssen.

Als Standard für Strukturen leistungsbezogener Kostensysteme wurde in Deutschland das STL-Bau – Dynamische Baudaten entwickelt. Anhand der DIN SPEC 91400 wurde dazu ergänzend ein standardisiertes, bauteilorientiertes Klassifikations- und Beschreibungssystem für die Nutzung mit BIM entwickelt [54]. In Österreich gibt es die Standardisierte Leistungsbeschreibung Hochbau [55] in der derzeit aktuellen Version 20. Damit ist ein Gliederungssystem für alle mit dem Hochbau verknüpften Leistungen vorhanden, welches als Grundlage für

Leistungsverzeichnisse und leistungsorientierte Kostenermittlungen dient.

Als international verbreitete Kostengliederungssysteme zählen das OCCS „OmniClass Construction Classification System“ sowie die NRM „New rules of Measurement“ seitens RICS (Royal Institution of Chartered Surveyors) [56]. Beide Systeme bieten eine Gliederung aller Bauwerkselemente als Basis für die Kostenzuordnung unter Festlegung einer einheitlichen Nummerierung, entsprechender Mengeneinheiten und einer detaillierten Beschreibung der Elemente. International gibt es bereits erste Bemühungen seitens der Organisationen „International Cost Engineering Council“ (ICEC), RICS und dem „European Council of Construction Economists“ (CEEC) eine weltweite Richtlinie für die Kostengliederung zu erstellen, welche die umfassende Erfahrung der bei der Erstellung der Richtlinie beteiligten Experten beinhalten sollte, welche sowohl bei weltweit vertretenen Organisationen als auch bei national tätigen Unternehmen beschäftigt sind. Darauf aufbauend wäre die Festlegung eines einheitlichen Kostenstandards für BIM ein weiteres Kriterium für eine langfristige Implementierung von BIM innerhalb der Unternehmen [57].

### Quantitative Auswertung in Bauwerksmodellen

Die Kombination von digitalen Bauwerksmodellen mit der Zusammenführung aller Informationen in einer zentralen Datenbank ausgehend von den Daten für die dreidimensionale Bauwerksdarstellung bis hin zu Angaben betreffend Mengen, Zeit und Kosten sowie die gezielte Nutzung dieser Informationen wird von Unternehmen immer mehr als Marktvorteil erkannt.

Die 4D-Bauablaufplanung und 5D-Kostenermittlung nutzen die in der Datenbank vorhandenen Mengen- und Qualitätsangaben des Bauwerkmodells. Aufbauend auf dem Zugriff auf die Informationen in der Datenbank erfolgt eine Zuordnung in entsprechende Ordnungsstrukturen, welche einerseits die Koordination des Bauablaufs (4D BIM) und andererseits bauteil- oder leistungsorientierte Kostenzuordnungen ermöglichen. Die im Bereich 5D eingesetzten Applikationen ermöglichen den Import von Mengen anhand der Dateiformate von Modellierungsprogrammen verschiedener Hersteller sowie auf der Grundlage des softwareunabhängigen IFC-Standards.

Sobald ein Import der Bauelemente aus den ursprünglichen Bauwerksmodellen in Software von Drittanbietern (z. B. Kostenermittlungs-Tools) erfolgt ist, können in vielen Fällen das Bauwerk und die einzelnen Bauteile in Viewern dargestellt werden, welche dem Nutzer eine Übersicht über alle im Modell beinhalteten Elemente bieten. Innerhalb dieser Viewer werden softwareabhängig unterschiedliche Darstellungsmöglichkeiten für den An-



wender angeboten wie u. a. flexible Schnittansichten oder transparente Darstellungen aller Elemente. Dadurch wird die Navigation und Übersicht im Modell erleichtert und es ergibt sich die Möglichkeit einer Vollständigkeitskontrolle.

Im nächsten Schritt werden softwareintern die bereits aus der Datenbank importierten Mengenangaben berechnet, wofür es unterschiedliche Ansätze innerhalb der einzelnen Softwareprodukte gibt. Generell werden die Bauteilinformationen anhand der Daten in den Importdateien und durch die Auswertung und Berechnung der vorhandenen geometrischen Angaben in ein Mengengerüst übernommen, das die Grundlage für die Kostenbetrachtung und die Erstellung von Leistungsverzeichnissen darstellt. Zumeist erlauben die Programme die Erstellung von eigenen Vorlagen für eine automatisierte und wiederverwendbare Zuordnung von Mengen nach vordefinierten Kriterien. Das erfolgt z. B. durch die Kombination verschiedener Variablen innerhalb einer Vorlage, wodurch die Zuordnung der Elemente zu den vom Nutzer angelegten Parametern und Kategorien ermöglicht wird [58, 59]. Das Prinzip der Erstellung von Vorlagen und deren wiederholte Verwendung werden ebenso für die Verknüpfung der Mengen mit Kosten verwendet.

Eine Umfrage von fünf australischen Unternehmen, welche BIM für die Kostenplanung verwenden, hat ergeben, dass die automatische Mengenermittlung innerhalb dieser Unternehmen auf Basis eigener Erfahrungen und Kenntnisse ständig weiterentwickelt wurde, wodurch die Software ständig verbessert und an die Anforderungen der jeweiligen Unternehmen angepasst wurde. Zudem wurden von den befragten Unternehmen Vorteile bei der elektronischen Dokumentation erwähnt [57].

### **Kostenbetrachtung und BIM**

Die Verknüpfung von Kostenplanung und BIM erfordert die Zuordnung der im Bauwerksmodell vorhandenen Bauteile in eine für die Kostenbetrachtung geeignete Gliederungsstruktur (s. Abschnitt „Strukturierung von Kosten“). Viele aktuelle Modellierungsprogramme dienen in erster Linie als Werkzeuge für die dreidimensionale Darstellung von Gebäuden, wodurch die für die Kostenermittlung benötigten Informationen nachträglich mit den modellierten Bauwerkselementen verknüpft werden müssen.

Für die Zusammenführung der Bauwerkselemente mit kostenspezifischen Eigenschaften, welche als erweiterte Informationen für die Erstellung einer Kostenberechnung oder eines Leistungsverzeichnisses ergänzt werden müssen, werden im Wesentlichen die zwei nachfolgenden Ansätze verfolgt.

Die eine Möglichkeit ist die direkte Zuordnung der für die Kostenermittlung wesentlichen Kosten und Beschreibungen zu den Bauelementen im Rahmen

der Bauwerksmodellierung sowie die Ablage dieser Informationen in der BIM-Datenbank. Ein Beispiel dafür ist die STLB-Bau als dynamische Baudatenbank (DBD), welche aus einem bauteilorientierten Klassifikations- und Beschreibungssystem besteht. Mittels einer Schnittstelle zwischen dem Modellierungsprogramm und den DBD-Kostenelementen besteht die Möglichkeit, die DBD-Kostenelemente direkt im Bauwerksmodell mit den Bauteilen zu verknüpfen [60]. Bei dieser Art der Kostenermittlung übernimmt in der Regel der Ersteller des Bauwerksmodells ebenfalls die Aufgabe der Kostenzuweisung zu den einzelnen Elementen.

Die zweite Art der Zusammenführung der Modelldaten mit kostenrelevanten Merkmalen ist die Gliederung zusammengehöriger Elemente als Arbeitspakete in einer Content-Datenbank. Ein Beispiel dafür ist die Zusammenfassung dieser Arbeitspakete als „BauObjekte“ (BOB). Anhand dieser BOBs wird eine strukturierte Erfassung der BIM-Modellelemente mit allen für das jeweilige BOB notwendigen Parametern erreicht, wodurch eine regelbasierte automatische Bemusterung der Bauteile anhand dieser Bemusterungsprofile ermöglicht wird [16]. Aufbauend auf der Struktur von BOBs werden iBOBs gebildet. Für die Festlegung von iBOBs werden Zusammenhänge von BOBs ermittelt, um diese in für die Kalkulation oder Ausschreibung logische Einheiten zusammenzufassen. Als Folge davon können automatisiert zum jeweiligen iBOB zugehörige Eigenschaften wie u. a. Texte für das Leistungsverzeichnis abgeleitet werden [16].

Diese Methode ermöglicht die getrennte Ausführung von Modellerstellung und Kostenermittlung, wenn erforderlich durch verschiedene Projektbeteiligte, wenn unterschiedliche Anforderungen zur Nutzung der Daten im Bauwerksmodell vorliegen. Bei dieser Methode wird zudem modellbasiertes Arbeiten unabhängig von der Modellierungssoftware ermöglicht, wenn ein Export der Modelldaten z. B. über Dateien im IFC Format erfolgt [61].

### **AVA (AVVA) und BIM**

Die automatische oder zumindest „halb-automatische“ Generierung von Leistungsverzeichnissen aus Modellen ist grundsätzlich bereits möglich. Derzeit bestehen Schnittstellen zwischen Modellen und Ausschreibungsprogrammen (AVA- oder auch AVVA-Programme – Ausschreibung-Vergabe-Vertrag-Abrechnung), die zumindest wesentliche Teile von Leistungsverzeichnissen aus Modellen ableiten. Eine einigermaßen vollständige Generierung von Leistungsverzeichnissen aus Modellen ist nur mittels „Dummy-Elementen“ (z. B. Baustelleneinrichtung) möglich. Sonst müssen grafisch nicht dargestellte Elemente manuell oder „halbautomatisch“ ergänzt werden.

Es stellt sich allerdings die Frage, ob das heute übliche Prozedere der eigentlich redundanten und damit potenziell Widersprüche erzeugenden „Beschreibung“ von Leistungen auch in Zukunft noch notwendig sein wird. Denn abhängig vom Detaillierungsgrad und von der Informationsdichte des Modells können alle leistungs- und ausführungsbearbeiteten Eigenschaften auch im Modell verwaltet und dort abgerufen werden. Bis es in größerem Umfang so weit kommt, muss die Standardisierung insbesondere von Merkmalen/Properties aber noch wesentlich intensiver vorangetrieben werden. Auch die gängigen Ausschreibungsprozesse und wohl auch die Vergaberegime müssten an die neue Methodik angepasst werden.

Auch die Frage der aus Modellen abgeleiteten Unternehmerkalkulation stellt sich natürlich. Selbst dort gibt es momentan individualisierte Einzellösungen, eine generelle Anwendbarkeit ist aber noch nicht gegeben, weil diesbezüglich ausgereifte Tools noch nicht am Markt verfügbar sind.

### Auswertung modellbasierter Daten

Die Basis für die Auswertung modellbasierter Elemente im Zusammenhang mit deren Kosten bildet sowohl die Zuordnung von geometrischen Informationen und Qualitäten als auch darauf aufbauend die Ergänzung von kostenspezifischen Angaben zu den Bauteilen in der Bauwerksdatenbank. Wie bereits angeführt, gibt es unterschiedliche Möglichkeiten, die benötigten Daten mittels BIM zu erfassen und zu vervollständigen. Auf der einen Seite besteht die Möglichkeit, dass die benötigten Informationen im Rahmen der Modellierung den jeweiligen Elementen zugeordnet werden. Auf der anderen Seite kann

die Kostenermittlung innerhalb der Software eines Drittanbieters auf Basis des Datenimports der Modelldaten aus der Modellierungssoftware erfolgen.

Die Datenerfassung innerhalb der Modellierungssoftware beruht auf softwarespezifischen Grundlagen, welche für den Anwender auf Basis der vorgegebenen Programmierung nur im für den Praxisfall erforderlichen Maße beeinflussbar ist. Eine Beeinflussbarkeit wird, wenn möglich, zumeist nur durch Zusatzapplikationen erreicht, welche von der jeweiligen Modellierungssoftware unterstützt werden. Ein Beispiel für eine Ergänzung der durch die Modellierungssoftware vorgegebenen Möglichkeiten ist die visuelle Programmierung (Bild 18), durch die u. a. neue Bauteile und Formen mittels der Verknüpfung und Steuerung entsprechender Parameter für die Programmierung auf einer visuellen Oberfläche erzeugt und in die Modellierungssoftware übertragen werden können [62]. Die für eine Auswertung benötigten Informationen zu den importierten Bauteilen und Formen können nachfolgend in der Modellierungssoftware ergänzt werden.

Die andere Möglichkeit ist die direkte Übernahme der Informationen aus der ursprünglichen Datenbank der Modellierungssoftware über entsprechende Schnittstellen wie u. a. ODBC in externe Datenbanken. Nach der Datenübernahme in eine externe Datenbank können diese auf Basis entsprechender Datenbankabfragen und Verknüpfungen für Kostenermittlungen verwendet und in entsprechende Gliederungssysteme eingeordnet werden.

Innerhalb des IFC-Klassenschemas gibt es u. a. die Klasse IFCCostResource, welche durch die Verknüpfung mit einem Objekt innerhalb des IFC-Sche-

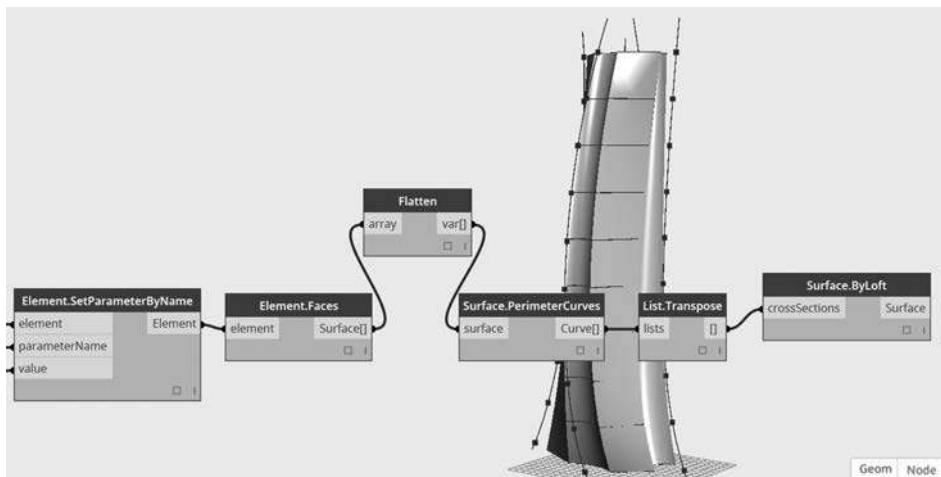


Bild 18. Beispiel für die visuelle Programmierung [63]

mas Informationen zu den Kosten eines Elements oder einer Leistung bereitstellen kann.

Die in diesem Abschnitt aufgezeigten Möglichkeiten bieten eine erweiterte Auswertung und Nutzung der im Bauwerksmodell beinhalteten Informationen, wodurch u. a. eine modellbasierte Kostenermittlung von Bauelementen und Bauleistungen erfolgen kann.

**2.6.3 6D-BIM-FIM**

*Klaus Miller*

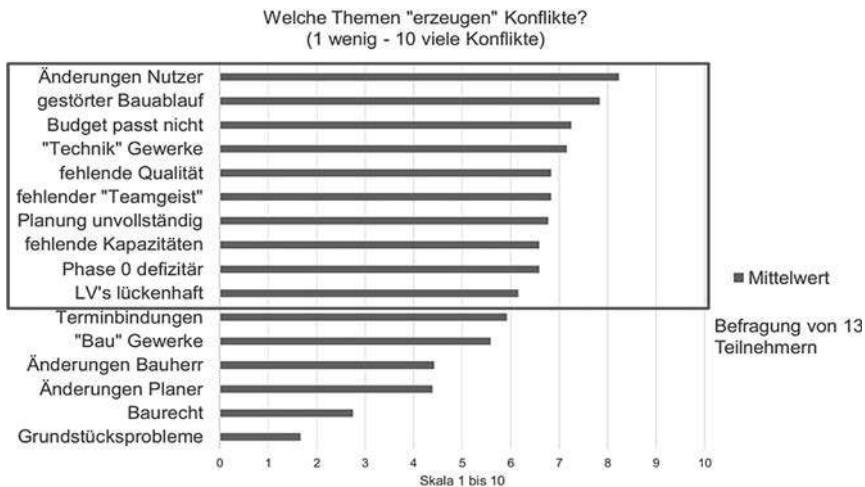
Die Komplexität bei der Betriebsführung von Gebäuden steigert sich kontinuierlich durch den Einsatz neuer technischer Systeme, durch Digitalisierung und Automatisierung, und durch neue Maßstäbe im Bereich von Energieeffizienz und Nachhaltigkeit. Die Verantwortlichkeiten werden für die Betreiber durch Gesetze und Normierungen permanent angehoben. Parallel dazu agieren Gesetzgeber und Normierungsinstitutionen immer intransparenter und schnelllebiger. Öffentlichkeitswirksame Themen wie Brandschutz, ArbeitnehmerInnenschutz und Barrierefreiheit gewinnen an Bedeutung, die Administration erhöht sich, die Sensibilität nimmt zu. Dokumentiertes Handeln aller Beteiligten wird zunehmend wichtiger, um den gesetzlichen Auftrag erfüllen zu können.

Um diesem Anspruch gerecht zu werden, muss das Facility Management (FM) schon in der ersten Projektphase einer Bauaufgabe eingebunden werden. Wird diese Chance durch das Planungsteam wahrgenommen, erfordert dies vom FM zwingend die Bereitschaft und Fähigkeit, eindeutige Antworten

zu liefern und die Brücke zu den Nutzern bauen zu wollen, da die wesentlichen Konfliktursachen im Bauablauf bei den Nutzer-Änderungen liegen. Hier kann das Facility Management eine tragende Rolle spielen, da die Schnittstellen zwischen Nutzern und Planungsbeteiligten mit Leben erfüllt und gleichsam als Nebeneffekt Fragen der effizienten Betriebsführung mitgelöst werden. Dies bedingt jedoch ein gut funktionierendes Entscheidungsmanagement und eine vollständige Bedarfsplanung und Grundlagenermittlung (Bilder 19, 20). Infolge der Komplexität und wegen der Anforderungen bei den Aufgabenstellungen des FM können größere Unternehmen ihre Anlagen nicht mehr ohne CAFM System transparent und nachvollziehbar betreiben (Bild 21).

Infolge dieser Komplexität können größere Unternehmen ihre Anlagen nicht mehr ohne CAFM-System transparent und nachvollziehbar betreiben.

In der Regel war bisher ein CAFM-System nicht Teil der Planung und Umsetzung, sondern wurde nach der Errichtung der Immobilie losgelöst von Planung, Abnahme, Übergabe und Dokumentation eigenständig aufgesetzt. Die gängige Praxis besteht darin, erst kurz vor offizieller Übergabe des Bauvorhabens an den Nutzer die Dokumentation zusammenzustellen, meist durch die Sammlung von Plänen, gewerkeweisen Schulungsprotokollen und Betriebsanleitungen in Ordnern oder auf Datenträgern. Diese Vorgehensweise beginnt meist zu spät und ist nicht in einer Dokumentationsvereinbarung geregelt. Wenn dann nicht parallel Personal des Facility Managements während der Bauphase das Abnahmeprozedere begleitet und beim Baugeschehen



**Bild 19.** Wesentliche Konfliktursachen (Darstellung von Franz-Josef Balmert [64])

1	Projektorganisation: eine vollständige Bedarfsplanung und Grundlagenermittlung führt zu einer klaren Bauaufgabe, einer (relativ) änderungsfreien Planungs- und Bauzeit	Klarheit, Phase 0	1,0
2	Dem Faktor Mensch - Personal - und Teamkompetenz wird hohe Beachtung geschenkt. "Projekte scheitern an Menschen, nicht an der Technik"	Faktor Mensch	1,3
3	Projektorganisation: der öffentliche Bauherr ist personell und organisatorisch gut aufgestellt, kann zügig entscheiden, Konflikte schnell klären	Rolle Bauherr	1,6
4	Risikoabbildung im Haushalt erlaubt bei Bedarf eine angemessen schnelle Reaktion, basierend auf einer "schlanken" Risikomanagementlösung	Risikovorsorge	1,9
5	Ganzheitlich strukturiertes Planen und Bauen. Das Gesamtprojekt ist bewusst "einfach" konzipiert; in Prozessen, im Baufüge, im Entwurf, in Ausführungsdetails	Einfachheit	2,7
5	Gebäudekunde: Der Entwurf ist technisch-typologisch optimiert, funktional, wirtschaftlich, Zonierung/Stapelung/Trassierung erlauben Flexibilität, Raumqualität ist selbstverständlich	Typologie	2,7
5	Konfliktursachen werden durch systematische Projektevaluation analysiert. Bei neuen Projekten werden diese Erfahrungen beachtet.	Projektevaluation	2,7
6	Flexibilität bei Bauvorhaben führt dazu, dass nicht immer der "billigste" Bieter den Auftrag bekommt	Bauvergaben	3,2
7	Für alle Möglichkeiten der außergerichtlichen Streitbeteiligung ist durch "projektbegleitendes Konfliktmanagement" systematisch vorgebeugt	Konfliktmanagement	3,4
8	Durch praktikable Anwendung von BIM ergeben sich gut koordinierte Planungsschritte, es werden Kollisionen vermieden und die Lebenszyklusbetreuung gefördert	BIM	4,0
9	Nachhaltigkeitskriterien nach DGNB/BNB werden von Beginn an angewendet und mit der Projektaktivität abgeglichen. Zertifizierung ist ein KANN, nicht ein MUSS	DGNB/BNB	4,7

Bild 20. Konfliktrisiken gewertet (Darstellung von Franz-Josef Balmert [64])

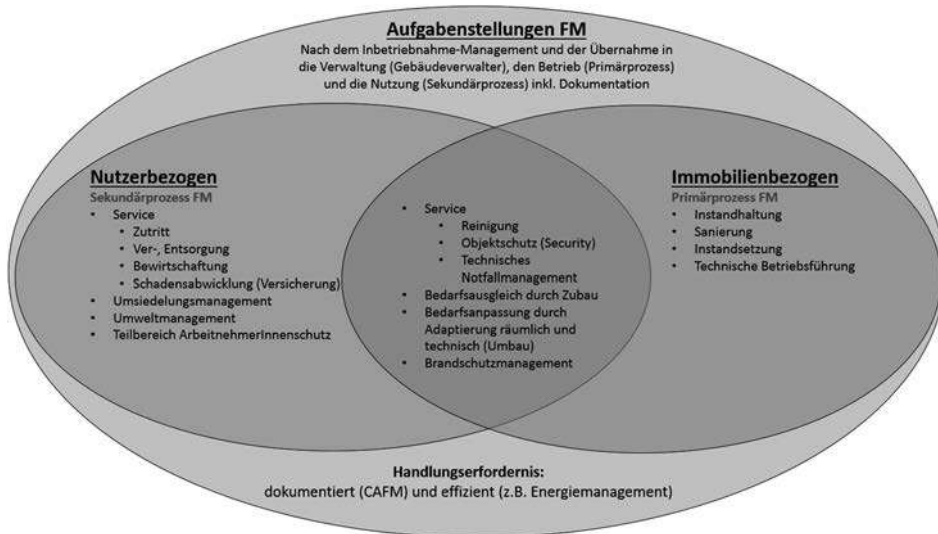
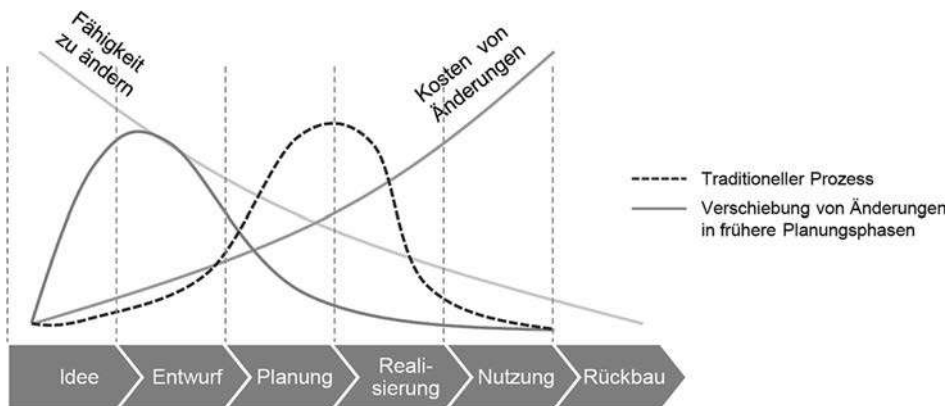


Bild 21. Aufgabenstellungen FM

vor Ort anwesend ist, findet kein Wissenstransfer betreffend die Systemlogik des Gebäudes statt. Dieses Wissen wäre zum Verständnis gewerkeübergreifender Zusammenhänge personenunabhängig aber dringend erforderlich und ist in den „technischen Unterlagen“ nicht nachlesbar. Die Gedankengänge der einzelnen Planungsbeteiligten werden nicht während des gesamten Planungsprozesses von der Idee bis zur Detaillierung inklusive der systemischen Zusammenhänge und Änderungen protokol-

liert bzw. von den Planern für die spätere Nachvollziehbarkeit festgehalten. Wissensverlust ist die Folge.

Dies sollte sich mit BIM schlagartig ändern. Insofern ist BIM ein wesentlicher Faktor für ein effizientes Facility Management, allein schon durch die Notwendigkeit der frühzeitigen Detaillierung im Planungsverlauf (Bild 22). Dies bedingt aber Strukturierung und Disziplin von allen Beteiligten und



**Bild 22.** Veränderungsbedarf (Darstellung von Annette von Hagel [64])

vor allem Harmonisierung der Terminologien von Bau und Betrieb. Dies kann nur anhand von Standards erfolgen, wobei derzeit unterschiedliche Vorgaben, Bezeichnungen und Vokabularien allein zwischen DIN-Normen und Ö-Normen bestehen. Wie auch immer eine für den BIM-Einsatz zwingend notwendige Harmonisierung ausfallen wird, werden große Anstrengungen unternommen werden müssen, dass BIM-Anwender bekannte Systeme und Terminologien zugunsten einer gemeinsamen Neuausrichtung aufgeben.

Alfred Waschl, FIM-Pionier (Facility Information Management), fordert in seinen Vorträgen gemeinsame Standards für Datenstrukturen, Formate, Schnittstellen usw. und hat dazu als eines von mehreren möglichen Systemen den AKS-Butler entwickelt, mit dem ein Haus alphanumerisch zusammengebaut werden kann. Jeder Anlage, Baugruppe, Komponente und jedem Einzelteil kann damit ein eindeutiger Code zugeordnet werden, wodurch eine in diesem Zusammenhang negative Individualität in den Bezeichnungen verhindert wird. Waschl geht in seiner Systemlogik von DIN-Normen aus und weicht damit von den in Österreich bekannten Ö-Normen ab.

Unabhängig vom Werkzeug selbst oder auch nach welcher Norm gehandelt werden soll, ist die Systemlogik und der Weg über BIM zu CAFM umfassend zu definieren, zu strukturieren und zu entwickeln.

Interessant ist schon die Reihenfolge „From BIM to FIM (to CAFM?)“, da eigentlich aus der Sicht des Facility Managements zuerst die Fragestellungen des CAFM mittels Strukturierung aus FIM vorliegen müssen, um beim Aufsetzen von BIM bereits bei Planungsstart dem Planungsteam Antworten geben zu können. Nach dem Motto: „Beginning with

the end in mind“ müsste der Weg lauten „From FIM to BIM to CAFM“ (oder neudeutsch: FIM2BIM-2CAFm). Dabei sind keinesfalls drei unterschiedliche Modelle, sondern die Anreicherung eines Modells bis zur Betriebsphase – allenfalls strukturiert in Teilmodelle – gemeint.

In diesem Zusammenhang bietet BIM die derzeit größte Chance für das Facility Management der Zukunft. Allein die Forderung nach der Verknüpfung von grafischen und alphanumerischen Daten und Dokumentationen bei BIM-getragenen Projektentwicklungen und bei der Realisierung von Projekten werden zu einem Umdenken in den gängigen Planungsprozessen führen. Die Zielformulierung im AIA zur Sicherstellung der gewünschten Funktionen und die Überführung dieser Anforderungen in den PAP sind Chance und Notwendigkeit für das Facility Management, Verantwortung zu übernehmen und aktiv am Planungs- und Entwicklungsprozess teilzunehmen.

Planungsfragen werden nicht ohne Betreiberinformationen sinnvoll gelöst werden können. Dieser neue Weg des Begegnens führt aber letztlich zur Verpflichtung des Facility Managements, die Fragestellungen der Planung eindeutig beantworten zu müssen.

Dies bedingt den unabdingbaren Willen zur vorherigen Organisation und Strukturierung des Facility Managements. Denn ohne gewerkeübergreifende, gesamtheitliche und detailliert durchdachte Gedankengänge mit Angabe der erforderlichen Merkmale, Attribute und Informationen ist BIM nicht möglich bzw. kann das Potenzial von BIM nicht ausgeschöpft werden. Dieses konsequente Arbeiten am Projekt fordert aber nicht nur das FM-Team und alle Planenden im engeren Sinn, sondern auch all jene, welche am Planungsprozess teilhaben (die Nutzer,

die Behördenvertreter, die einzelnen Inhaber betrieblicher Funktionen wie Sicherheitsfachkräfte usw.) um im vorgenannten Sinne Fragestellungen am Planungsbeginn zu erörtern und diese klar nachvollziehbaren Entscheidungen zuzuführen. Eine wesentliche Rolle würde hierbei dem Facility Management zukommen, möglicherweise in der Person eines projektbegleitenden FM-Ingenieurs, der Fragestellungen der Planung zu Betrieb, Nutzer und Dokumentation Antworten zuführt (eine neue Rolle ähnlich dem Prüfingenieur).

Während die HOAI lediglich die Phasen der Planung und Umsetzung bis zur Betreuung und Dokumentation betrachtet, geht die GEFMA (German Facility Management Assoziation) in den Aufgabenstellungen des Facility Managements gemäß GEFMA 914-3 von insgesamt 9 Leistungsbildern aus: 1 – Konzeption; 2 – Planung; 3 – Errichtung; 4 – Vermarktung; 5 – Beschaffung; 6 – Betrieb und Nutzung; 7 – Umbau/Sanierung; 8 – Leerstand; 9 – Verwertung. Diese Darstellung der Leistungsbilder vermischt zeitliche, inhaltliche und wirtschaftliche Komponenten, kann aber sehr gut als Richtschnur dienen, welche Aufgabenstellungen des Facility Managements bereits bei der Konzeption und Planung von Immobilien mitberücksichtigt werden sollten und sich im Datenmodell BIM, FIM, CAFM wiederfinden müssten.

Damit ist aber noch keine Praktikabilität im Gestaltungsprozess gegeben, denn erst mit der Verschränkung aus den einzelnen Aufgabenstellungen der einzelnen Disziplinen mit den Lebens-, Projekt- und Planungsphasen und der Aufarbeitung der zugehörigen Fragestellungen können Antworten und Lösungen für bewusst getroffene nachhaltige Entscheidungen gefunden werden.

Ein möglicher Ansatz wäre, hierfür eine Art „Roter Faden des Facility Managements“ zu entwickeln, der entlang der einzelnen Konzeptions-, Planungs- und Bauphasen bis zur Übernahme durch das Facility Management anhand von Standards und Checklisten Fragen beantwortet lässt und Forderungen stellt. Vorstellbar wäre auch eine (halb-)automatische Befüllung durch die Daten des digitalen Modells mit einer allenfalls erforderlichen manuellen Nachbearbeitung.

Die EU regelt zunehmend Themen der Nachhaltigkeit, beispielsweise die Verordnung über die Vergabe öffentlicher Aufträge, welche unter § 59 die Berechnung von Lebenszykluskosten (derzeit noch in einer Kann-Bestimmung für öffentliche Bauten) vorsieht, die Ökodesign-Richtlinie ErP, die Bauproduktenverordnung 07/2013 oder die EU-Mitteilung zum Ressourceneinsatz im Gebäudesektor. All diese Entwicklungen sind mit der herkömmlichen Planungsmethode nur bedingt zu bewältigen und erfordern dringendes Umdenken bei der Konzeption, Planung, Umsetzung und beim Betrieb von Immo-

bilien, mittlerweile bis zum Abbruch und zur Entsorgung selbst. Gerade bei Planung und Umsetzung könnte BIM unterstützend wirken, weil die erforderlichen Daten für FM im Modell bereits zum großen Teil zur Verfügung stehen.

Parallel zu allen planerischen Aktivitäten geht es aber auch um die vertragliche Absicherung von getroffenen Vereinbarungen. Mietmodelle mit den zugehörigen Mietverträgen enthalten im Regelfall klare Vereinbarungen zu FM-Themen, zu Zuständigkeiten im Betrieb und zur Form der Dokumentationen und Einschulungen, welche vor Übernahme vorliegen sollten. Die Basis für die Erstellung der Mietverträge ist üblicherweise der Entwurf inklusive Bau- und Ausstattungsbeschreibung. Bei herkömmlicher Planungsmethode wird die Ausarbeitung mitunter oberflächlich gehandhabt, da in dieser Phase verständlicherweise Details noch nicht bekannt sind.

Dies sollte sich im Falle von FIM2BIM2CAFIM ändern: Denn dann liegt bereits im Entwurf eine in sich verschränkte Lösung zum Vorteil aller Beteiligten inklusive des Facility Managements vor, da bereits zu diesem Zeitpunkt sehr viele nutzer- und betreiberbezogene Fragestellungen gelöst oder geregelt sein müssten. Dadurch würde Klarheit bei der Bedarfsplanung entstehen, die technische Gebäudeausstattung mit den entsprechenden Konsequenzen wäre geplant und räumlich ausreichend dimensioniert. Die Materialien wären entschieden und letztlich durch den verbindlichen, hinterfragenden Planungsprozess könnten baukostenreibende Änderungen hintangehalten werden. Der große Vorteil des Facility Managements bei der Aufarbeitung mittels FIM (Facility Information Management) wäre die unmittelbare Übernahme-Möglichkeit von Daten aus BIM in das CAFIM. Auf die Problemunkte bei dieser Datenübernahme wird in Abschnitt 3.1.4 näher eingegangen.

Derzeit gibt es nur wenige Lösungen für eine solche automatische Übernahme von Informationen aus Bauwerksmodellen in CAFIM-Systeme. Eine Möglichkeit bietet CAFIMConnect, das vom Branchenverband CAFIM Ring e. V. entwickelt wird. Damit wird die Möglichkeit zur Übernahme von Raum- und Ausstattungsdaten anhand von IFC-Dateien ermöglicht.

In Großbritannien wurde der COBie Standard entwickelt, der auf IFC aufbaut und ebenfalls die im BIM vorhandenen Bewirtschaftungsdaten erfasst. Seit 2016 wird in Großbritannien gefordert, dass dem Auftraggeber bei jedem öffentlichen Bauprojekt COBie Daten übergeben werden müssen [8]. Hier ist auf dem europäischen Festland Nachholbedarf gegeben, wenngleich auch hier BIM nicht als „Allheilmittel“ für Inkonsistenzen im Datenmodell betrachtet werden darf (Abschnitt 3.1.4).

### 3 BIM und Recht

*Klaus Eschenbruch*

#### 3.1 Einleitung

##### 3.1.1 Building Information Modeling (BIM) aus rechtlicher Sicht

Nach der Definition des Stufenplans für die Einführung von BIM in Deutschland (BMVI 2015) stellt BIM eine *kooperative Arbeitsmethodik* dar, mit der *auf der Grundlage digitaler Modelle* eines Bauwerks die für seinen Lebenszyklus relevanten Informationen und Daten konsistent erfasst oder für die weitere Bearbeitung übergeben werden. BIM ist also im Kern keine Technologie, sondern eine Arbeitsmethodik. Diese Methodik des Planens und Bauens setzt aber den Einsatz einer Vielzahl von (neuen) Softwareprodukten voraus. Dementsprechend ist BIM zwar nicht ausschließlich Technik, es bleibt eine Arbeitsmethode, die aber ohne Softwareinnovationen nicht einsetzbar ist. So setzt die Anwendung der Methode in aller Regel eine zentrale Datenplattform in der Form eines Common Data Environments (CDE) voraus. Darüber hinaus müssen die eingesetzten Planungssoftwareprodukte der einzelnen Architekten- und Ingenieurunternehmen BIM-fähig sein, das heißt, sie müssen ein bauteilorientiertes Planen mit parametrisierten digitalen Gebäudemodellen ermöglichen. Sie müssen zudem – sofern nicht eine Closed-BIM-Lösung verfolgt wird – die Daten so verarbeiten können, dass die einzelnen Planungsmodelle über eine neutrale Datenschnittstelle, etwa eine *IFC-Schnittstelle* zusammengeführt werden können, um dann mithilfe spezifischer Softwarelösungen Kollisions-Checks (clash detection) oder Regelprüfungen (Quality Checks) durchführen zu können. Diverse ergänzende Softwaretools ermöglichen bzw. verbessern einzelne BIM-Anwendungen. Wesentliche Kennzeichen des Planens mit BIM gegenüber herkömmlichen CAD-Anwendungen ist das datengestützte modellbasierte Planen mit virtuellen 3D-Bauteilen, die mit zusätzlichen Informationen referenziert werden können. Bauteilorientiertes Planen zwingt die Beteiligten des Planungsprozesses von vornherein dazu, den Bauproduktionsprozess nachzuvollziehen. Auf diese Weise kann beispielsweise eine aufgehende Wand eines Gebäudes nicht als ein Bauteil modelliert werden, sondern sie setzt sich in der Regel aus einzelnen geschossweise zu modellierenden Wänden zusammen.

##### 3.1.2 BIM ≠ BIM

Die Arbeitsmethodik BIM ist ein Sammelbegriff für unterschiedliche Anwendungsfälle digitalen Planens und Bauens. Dementsprechend – und dies ist auch für die juristische Betrachtung wichtig – muss zu Beginn eines Planungsprozesses festgelegt werden, über welche BIM-Anwendungen gesprochen

werden soll. BIM-Anwendungen reichen von bloßen Kollisions- oder Quality Checks über die modellbasierte Kosten- und Terminplanung bis hin zur Bauablaufmodellierung und zum modellbasierten Controlling. Der Auftraggeber hat zu Beginn eines Projekts mit der Arbeitsmethode BIM genau festzulegen, welche BIM-Ziele er verfolgt und die sich daraus ableitenden BIM-Anwendungsfälle in den *Auftraggeberinformationsanforderungen* (AIA) zu definieren (s. Abschnitt 2.4). Erst wenn die AIA festgelegt sind, kann auch entschieden werden, mit welcher geometrischen Modellierungstiefe (LoG – Level of Geometry) und mit welcher informellen Modellierungstiefe (LoI – Level of Information) oder schlichtweg mit welchem LOD (Level of Development) geplant werden soll. Anhand dieser Festlegungen werden die für alle Planungs- und Baubeteiligten geltenden Regeln für das modellbasierte Planen erarbeitet und in einem *BIM-Projekt-Abwicklungsplan* (BIM-PAP) dokumentiert. Dieser BIM-Projekt-Abwicklungsplan ist letztlich der „*Fahrplan*“ für das modellbasierte Planen aller Projektbeteiligten (Bild 23 und Abschnitt 2.4).

Es gibt deshalb nicht das eine BIM, sondern BIM in unterschiedlichsten Ausprägungen. Je nach Ausprägung kann sich ein unterschiedlicher Rechtsrahmen ergeben, was bei allen (juristischen) Bewertungen zu berücksichtigen ist.

##### 3.1.3 Rollenmodelle der Einsatzformen

Entgegen einer verbreiteten Meinung ändert BIM die im Markt gebräuchlichen Rollenmodelle prinzipiell nicht. Die Arbeitsmethode BIM kann in allen vorbekannten Einsatzformen für die Planungs- und Baubeteiligten eingesetzt werden. Das gilt sowohl für die Einzelplanung wie auch die Generalplanung als auch den Einsatz von Einzelunternehmen und Generalunternehmern. Zwei Aspekte führen allerdings zu neuen Randbedingungen, die bei der Ausgestaltung von Rollen, Einsatzmodellen und auch Verträgen berücksichtigt werden müssen. Dies sind zum einen zusätzliche Aufgabenstellungen und Projektbeteiligte, zum anderen Unterfälle des methodischen Zusammenwirkens, nämlich als Open-BIM- oder Closed-BIM-Lösung.

Grundsätzlich gibt es auch beim BIM-Einsatz zwei verschiedene Gruppen von Projektbeteiligten: Einerseits die Planungsbeteiligten, die (wenngleich durch Modellieren von Bauteilen) Planungsergebnisse für Gebäude erarbeiten und andererseits die Bauunternehmen, die diese Planungen ausführen und dabei erstellte digitale Modelle umsetzen müssen und/oder weiterzubearbeiten haben. Das modellbasierte Arbeiten und der Einsatz der damit zusammenhängenden Softwareprodukte (z. B. das Zusammenführen unterschiedlicher Fachmodelle der einzelnen Objektplaner über eine Schnittstelle wie IFC) führen zu einer erhöhten Interaktionsnot-

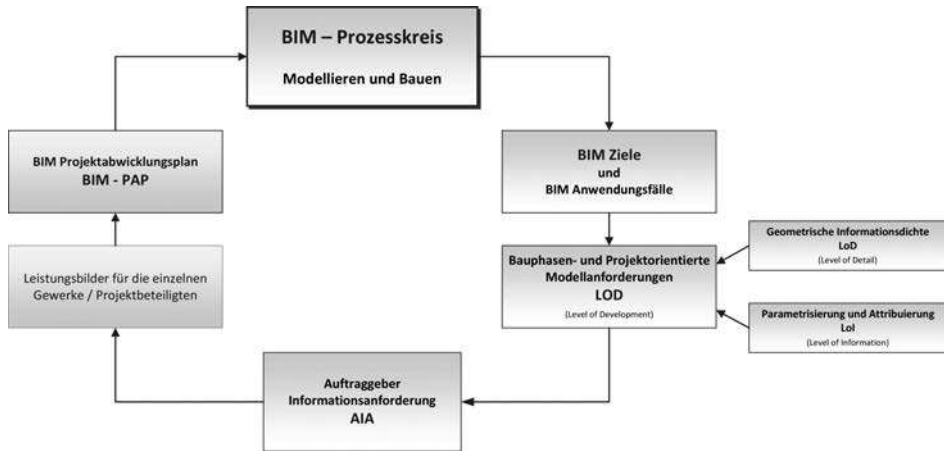


Bild 23. BIM-Prozesskreis für digitales Planen und Bauen

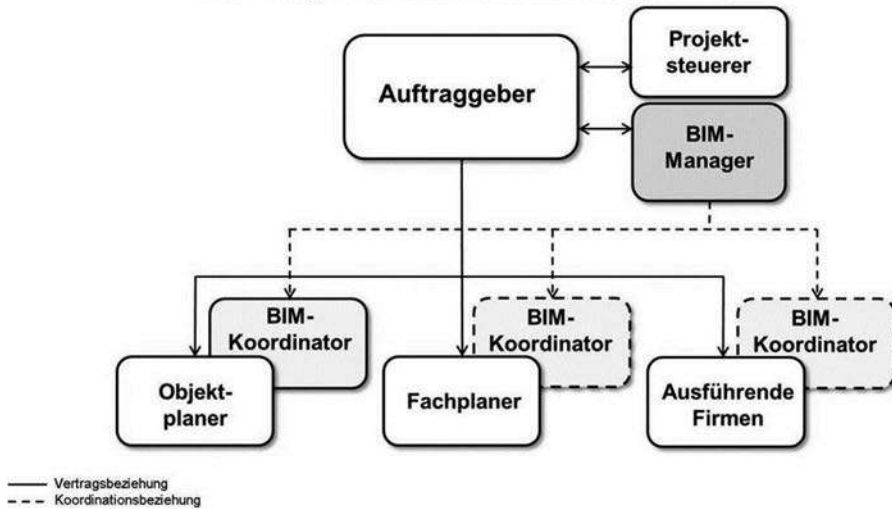
wendigkeit und zu einem Erfordernis vertiefter fachlicher Abstimmung zwischen den Beteiligten. Diese wiederum können diverse technische Hilfsmittel in Anspruch nehmen, um der Aufgabe gerecht zu werden. Typischerweise wird beim BIM-Einsatz auf der Ebene der Planungs- und Baubeteiligten jeweils der Einsatz von **BIM-Koordinatoren** erforderlich. BIM-Koordinatoren kümmern sich in der Organisation der Planungs- und der Bauunternehmen um alle Belange im Zusammenhang mit der Umsetzung der Arbeitsmethode und z. B. um die ordnungsgemäße Durchführung der Kollisions- und Quality-Checks. Hierbei sind zumeist auch Spezialkenntnisse im IT-Bereich notwendig. Darüber hinaus ist es gerade für Auftraggeber notwendig, sich intern oder extern entsprechender Fachkompetenz für die Steuerung des BIM-Einsatzes zu versichern. Diese Aufgabenstellung wird **BIM-Management** oder **BIM-Gesamtkoordination** genannt. Der BIM-Manager ist letztlich der Steuerer der Arbeit mit der BIM-Methodik. Er definiert mit dem Auftraggeber die AIA, die BIM-Ziele, BIM-Anwendungen und entwickelt den BIM-Abwicklungsplan, entweder aufgrund eigener Kompetenz oder in Zusammenarbeit mit dem beteiligten Planungsteam. Im weiteren Prozess der Planung überwacht er den ordnungsgemäßen Einsatz der BIM-Methodik und führt die einschlägigen Kontrollen durch und initiiert und überwacht die Schulungen der Beteiligten [65]. Bei der klassischen Baubauentwicklung ergibt sich eine Organisationsform, die in Bild 24 dargestellt ist (s. a. Bild 9).

Weiteren Einfluss hat der Dualismus **closed BIM/open BIM**. Eine Closed-BIM-Lösung erreicht einfacher den Erwartungshorizont des Arbeitens aller

Projektbeteiligten an einem virtuellen Gebäudemodell als Abbild des späteren Bauwerks als eine Open-BIM-Lösung. Die Umsetzung einer Closed-BIM-Lösung setzt voraus, dass alle Planungsbeteiligten mit einem vorgegebenen Softwarestandard, bestenfalls auch mit einheitlichen Bauteilbibliotheken und einheitlichen Modellierungsrichtlinien arbeiten. Dann kann über ein Common Data Environment tatsächlich ein virtuelles Gebäudemodell – z. B. auch in einer Cloud – bereitgehalten werden, auf welches die einzelnen Planungsbeteiligten in einem managementmäßig ausgestalteten Prozess zugreifen können. Closed-BIM-Lösungen setzen mithin die Verpflichtung aller Planungsbeteiligten auf den Einsatz derselben Planungssoftware und einheitlicher Datenstrukturen voraus. Entsprechende Modelle sind daher typischerweise mit einer Marktverengung und Wettbewerbsbeschränkung verbunden. Öffentliche Auftraggeber und auch der Stufenplan für die Einführung von BIM in Deutschland des Bundesverkehrsministeriums (BMVI) setzen demgegenüber auf offene Standards. Bei Großprojekten scheiden Closed-BIM-Lösungen in der Regel aus, weil nicht davon ausgegangen werden kann, dass alle Beteiligten mit denselben Softwareprodukten arbeiten und in der Regel fachliche Planungskompetenz Vorrang vor der Art der Planungsmethodik genießt. Closed-BIM-Produkte werden daher vornehmlich von Generalplanern und/oder Generalunternehmern eingesetzt, die für ihre Planerteams einheitliche Softwarestandards vorgeben und eigene Bauteildatenbanken zur Nutzung zur Verfügung stellen können. Durch den frühzeitigen Einsatz der BIM-Methodik bereits in der Akquisition und in den weiteren Leistungsphasen der Planung werden hier erhebliche Rationalisie-



### BIM-Manager und –Kordinatoren beim Open BIM



**Bild 24.** BIM-Manager und Koordinatoren bei open BIM

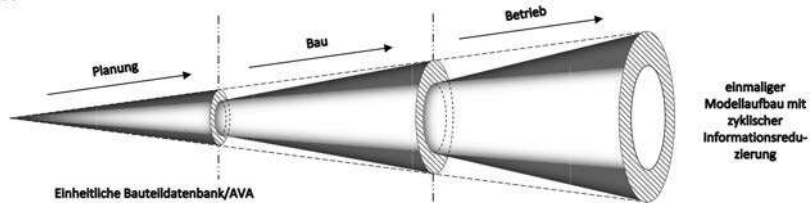
rungseffekte erzielt. Demgegenüber wird bei Open-BIM-Lösungen keine bestimmte Software vorgeschrieben. Die eingesetzten Planungssoftwareprodukte der Architekten und Ingenieure müssen allerdings BIM-fähige Ergebnisse erarbeiten und die Daten zudem über neutrale Schnittstellen wie IFC (möglichst verlustfrei) austauschen können. Bei der Open-BIM-Methode erstellt typischerweise jeder Planer ein eigenes Fachmodell, welches er mit den anderen Beteiligten austauscht. Durch das periodische Zusammenführen der einzelnen Fachplanungsmodelle durch den BIM-Gesamtkoordinator über eine entsprechende Schnittstelle können Kollisionen und Fehler der einzelnen Modelle identifiziert werden. Die Nachkorrektur erfolgt jedoch wieder von dem einzelnen Planungsbeteiligten (in dessen Teilmodell). Dabei existieren nach dem heutigen Stand der Technik noch keine für sämtliche Bautypen und Planungsbereiche geeigneten Schnittstellen und ein völlig verlustfreier Transfer von Daten ist ebenfalls nicht gewährleistet. In jedem Einzelfall hat daher der Auftraggeber zu Beginn eines Projekts zu definieren, mit welcher BIM-Ausprägung er sein Projekt starten will. Die Closed-BIM-Lösung wird vornehmlich beim privaten Generalplaner und/oder Generalunternehmereinsatz präferiert. Öffentliche Auftraggeber setzen vornehmlich Open-BIM-Lösungen ein. Es gibt aber auch Abweichungen von diesen Regeln. Die Praxis ist durch unterschiedliche Lösungsansätze geprägt.

#### 3.1.4 Konsistente Informationsbearbeitung über den Lebenszyklus

Auch das Idealbild eines sich konsequent aufbauenden Datenvolumens über alle Lebenszyklen eines Projekts entspricht ohne konsequente, phasenbezogene Attribuierung – z. B. über einen Merkmalsserver – nicht der BIM-Realität. Denn zu unterschiedlichen Zeiten werden unterschiedliche Informationen erforderlich. Das gilt bereits in den einzelnen Phasen des Planens und des Bauens, erst Recht im Verhältnis zwischen dem Abschluss der Planung und dem späteren Betrieb (Abschnitt 2.6.3). So sind Informationen der Projektentwicklung, wie etwa Machbarkeitsstudien und Ähnliches (soweit sie vornehmlich Marktgegebenheiten und kommerzielle Aspekte abwägen), für den konkreten Planungsprozess weniger von Bedeutung. Die in den frühen Leistungsphasen der Planung, etwa in der Leistungsphase 2 gewonnenen Informationen über unterschiedliche Varianten und Alternativen, die später verworfen werden, interessieren in späteren Leistungsphasen der Planung nicht mehr. Für den Bau ist dann nur noch die ausführungsfähige Planung maßgeblich. Die während des Baus produzierten neuen Informationen sind aber wiederum nicht sämtlich für den Betrieb relevant. Nur ein Bruchteil der bis dahin gewonnenen Informationen hat irgendeinen Nutzen für die spätere Betreiberphase. Vielmehr spielen neue Informationen eine Rolle, mit denen die einzelnen virtuellen Bauteile attribuiert werden können, wie etwa Wartungspläne und

## Informationsaufbau und –brüche bei der BIM-Anwendung

**Ziellösung:** Alle Planungsbeteiligten arbeiten mit einer einheitlichen Planungssoftware/mit einer einheitlichen neutralen Schnittstelle und einheitlichen Modellierungsrichtlinien/einheitlicher Bauteildatenbank sowie ggf. einheitlicher AVA



**Derzeitige Praxis:** Datenmodelle müssen nicht nur innerhalb der Leistungsphasen der Planung, sondern auch zwischen Planung, Bau und Betrieb mehrmals neu aufgebaut werden

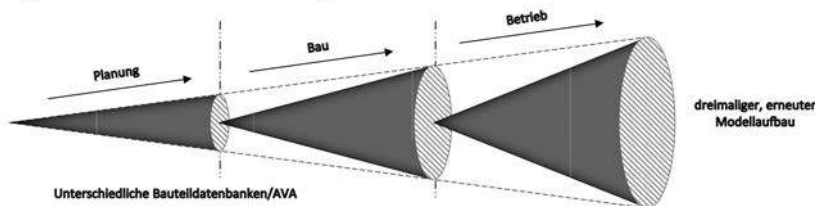


Bild 25. Datenstrukturen

Bedienungsrichtlinien. Es ist deshalb nicht zwangsläufig so, dass ein Modell über alle Leistungsphasen der Planung, des Baus und des Betriebes weiterentwickelt wird. Speziell dann, wenn innerhalb der Planungsphasen ein Planerwechsel erfolgt, ist nicht gesichert, dass angesichts unterschiedlicher Planungssoftware, unterschiedlicher Bauteilkataloge und unterschiedlicher Modellierungstechniken mit einem Modell weitergearbeitet oder ein solches neu aufgebaut werden soll. Die heutige Praxis ist davon geprägt, dass Bauunternehmen Planermodelle nicht 1:1 weiterverwenden, sondern größtenteils neue digitale Gebäudemodelle erzeugen, die mit ihren Bauteilkatalogen, ihren Vorgaben für anzuwendende AVA-Programme und Modellierungsrichtlinien entwickelt werden. Die Problematik kann durch die Grafik in Bild 25 verdeutlicht werden.

## 3.2 BIM im Fokus des Vertragsrechts

### 3.2.1 Fehlende Ver- und Gebote

BIM beinhaltet einen methodischen und technischen Fortschritt. Die Weiterentwicklung der CAD-Modelle mit neuen Softwaretools ermöglicht erst den Einsatz dieser neuen Planungsmethode. Es existieren weder Vorschriften, die den Einsatz dieser Planungsmethode verbieten, noch solche, die den Einsatz erzwingen. Wohl gibt es im nationalen

und internationalen Kontext Bemühungen staatlicher Organisationen, die neue Technologie zu fördern und dafür zu sorgen, dass öffentliche Auftraggeber in Zukunft nur noch die BIM-Arbeitsmethode einsetzen, um damit erkannte Fehlsteuerungen bei der Planung und Realisierung größerer Projekte zu mindern. Ein Beispiel ist der Stufenplan des BMVI für die Einführung von BIM in Deutschland, wonach ab 2020 in allen neu zu planenden Projekten im Zuständigkeitsbereich des BMVI die BIM-Planungsmethodik angewandt werden soll. Dementsprechend definieren Auftraggeber derzeit vornehmlich eigeninitiativ die Anforderungen an den Einsatz der angewandten Planungsmethode.

Da gesetzliche Regeln für oder gegen den Einsatz von BIM bislang nicht existieren, ist die Umsetzung von BIM-Projekten dem **Vertragsrecht** vorbehalten. Der Auftraggeber ist in der Regel der Initiator für die BIM-Anwendung und stellt entsprechende Anforderungen in seinen Verträgen mit Projektmanagern, Planern und ausführenden Unternehmen. Nicht selten ist es aber so, dass nicht nur Planungsunternehmen, sondern auch Generalplaner und Bauunternehmen (und dabei insbesondere Generalunternehmer) eigeninitiativ – weil sie sich Qualitäts- und Marktvorteile versprechen – in ihren Verträgen mit weiteren Beteiligten den Einsatz der BIM-Planungsmethode vorgeben. Dementspre-

**Tabelle 1.** Typische BIM-relevante Vertragsregelungen

Projektmanagement	Planung	Bau
– Projektziele	– Projektziele	– Leistungsbeschreibung
– Projektmanagementleistungsbild	– Planungsleistungsbild	– BIM-Abwicklungsplan
– Zusammenarbeit der Beteiligten	– BIM-Abwicklungsplan	– Haftung
– IT-Einsatz	– Zusammenarbeit der Beteiligten	– Urheberrechte
– Haftung	– IT	
	– Haftung	
	– Urheberrechte	

chend spielen BIM-Anforderungen in allen Projektverträgen eine Rolle. BIM-Anforderungen schlagen sich in zentralen Regelungen von Projektmanagement-, Planungs- und Bauverträgen nieder (Tabelle 1).

Die Vertragsgestaltung kann grundsätzlich unter Rückgriff auf die üblichen Standardvertragsmuster für Projektmanagement-, Planungs- und Bauverträge erfolgen. BIM-spezifische Regeln werden dann an bestimmten Stellen des Vertrags integriert oder aber es wird eine **vernetzte Vertragsform** gewählt, bei der es einheitliche BIM-Vertragsregeln gibt, die allen Verträgen angehängt werden, etwa **BIM-BVB** (Besondere Vertragsbedingungen zu BIM) [66].

Hierneben werden vielfach **Mehrparteiverträge** als Lösung angesprochen. Entsprechende Vorschläge stammen vornehmlich aus dem angloamerikanischen Rechtskreis. Sie sind aber in der Regel nur für den BIM-Einsatz mit wenigen Projektbeteiligten auf einer ersten Vertragsstufe geeignet, nämlich wenn ein Auftraggeber, ein Generalplaner und ein Generalunternehmer zusammenarbeiten.

Das notwendige Wissen über die unter der BIM-Arbeitsmethode notwendigen Planungsprozesse ist nicht bei allen Auftraggebern vorhanden. Nur wenige Auftraggeber und wenige BIM-Manager verfügen derzeit über umsetzungsreife Kenntnisse zu den BIM-Planungsabläufen im Detail. Deshalb besteht derzeit eine große Neigung der Auftraggeber, die Anforderungen an die BIM-Methodik im Planungs- und Bauprozess nicht im Einzelnen vorzugeben. Grundsätzlich sind *drei unterschiedliche Vorgehenskonzepte* festzustellen:

**Variante 1:** Der Auftraggeber beauftragt Planungsbeteiligte mit der Benennung einzelner BIM-Anwendungsfälle und funktionaler Vorgaben. Einzelheiten zur BIM-Abwicklung sollen erst im Nachgang der Beauftragung mit den Auftragnehmern abgestimmt werden. Diese Methodik beinhaltet das relevante Risiko, dass unterschiedliche Vorstellungen und unterschiedliche Kenntnisse über den BIM-Einsatz bei einzelnen Planungsbeteiligten vorhanden sind und dementsprechend nur eine Arbeit

auf dem geringsten Know-how-Level möglich ist. Spezifische Auftraggeberanforderungen können dann nur über teure Nachträge eingefordert werden.

**Variante 2:** Eine ebenfalls häufig vorkommende Alternative ist es, dass Auftraggeber die BIM-Anwendungsfälle definieren und zudem funktionale Anforderungen an den Einsatz der BIM-Methode stellen, den Auftragnehmern jedoch aufgeben, im Rahmen ihres Angebots (im Wettbewerb) einen BIM-Abwicklungsplan für das konkrete Projekt zu entwickeln und vorzustellen. Dieser soll dann Grundlage der späteren Beauftragung werden.

**Variante 3:** Zu guter Letzt kann der Auftraggeber auch selbst – z. B. mithilfe eines qualifizierten BIM-Managers – einen entsprechenden Projektabwicklungsplan aufstellen und diesen allen Projektbeteiligten vorgeben.

Diese dritte Variante ist derzeit noch in den seltenen Fällen anzutreffen, sie wird aber mit der Know-how-Verbreitung über die Arbeitsmethode BIM in den nächsten Jahren sicherlich verstärkt Anwendung finden.

Der Einsatz von BIM kann mit den vorbekannten Werkzeugen des Vertragsrechts bewältigt werden. Erforderlich ist jedoch die vertragliche Vorsorge zur Einbeziehung aller erforderlichen BIM-Festlegungen in den Vertrag und dabei insbesondere die Berücksichtigung der Besonderheiten der BIM-Projektabwicklung bei der Ausgestaltung von Haftungs- und Urheberrechtslösungen.

### 3.3 BIM und HOAI

Deutschland kennt ein staatliches Preisrecht in der Form der HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure) [67]. Diese Honorarordnung legt für Kernplanungsleistungen im Bauwesen Höchst- und Mindestpreise fest. Das zwingende staatliche Preisrecht gilt indessen nur für sogenannte Grundleistungen der Leistungsbilder der HOAI und auch nur für Projekte mit anrechenbaren Kosten innerhalb der Tafelwerte der entsprechenden Verordnung. Für Paketanbieter wie Generalunternehmer

soll das Preisrecht im Verhältnis zu deren Auftraggebern nicht gelten, so jedenfalls die Meinung des BGH [68]. Ob und in welcher Form die HOAI in der Zukunft weiterexistieren wird, ist nicht gesichert. Die EU-Kommission hat mitgeteilt, dass sie Klage gegen die Bundesrepublik Deutschland beim Europäischen Gerichtshof erheben werde mit dem Ziel, vermeintlich europarechtswidrige Bestimmungen der HOAI zu den Höchst- und Mindestsätzen für nichtig erklären zu lassen [69].

Das Verhältnis der HOAI zur BIM-Planungsmethode ist vielfach diskutiert worden. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt festhalten:

Die Leistungsbilder der HOAI sind nach heute herrschender Auffassung methodenneutral definiert und treffen keine Aussage über die technischen Hilfsmittel des Planers. Sie umfassen das Planen mit Zeichenstift genauso wie die CAD-Planung und das modellbasierte Planen mit BIM. Dementsprechend gelten die Rahmenbedingungen des Preisrechts auch für das Arbeiten mit der BIM-Methodik [66].

Planen in der Form des Modellierens mit BIM-fähiger Software fällt auch nicht deshalb aus dem Anwendungsbereich der HOAI heraus, weil die BIM-Arbeitsmethode eine sogenannte *Besondere Leistung* wäre. Die in der Leistungsphase 2 des Leistungsbilds Gebäude und Innenräume definierte Besondere Leistung „3-D oder 4-D Gebäudemodellbearbeitung (Building Information Modeling)“ ist sprachlich missglückt. Im Rahmen einer sachgerechten Auslegung der HOAI ist anzunehmen, dass mit der Arbeitsmethode erzeugte Planungsergebnisse, die den Grundleistungen der HOAI entsprechen, gemäß den Vorgaben der HOAI bezahlt werden müssen. Nur dann, wenn mit der Planungsmethode Leistungen erzeugt werden, die in den HOAI-Leistungsbildern als Besondere Leistung qualifiziert sind, sind die Leistungen nicht vom Preisrecht umfasst. Für sie gilt die von den Parteien getroffene Preisvereinbarung.

Auch BIM-gestützte Planungsprozesse können nach dem Leistungsphasenmodell der HOAI bearbeitet werden. Verschiebungen von Leistungen innerhalb der Leistungsphasen aufgrund des modellbasierten Arbeitens kann dadurch Rechnung getragen werden, dass die Vergütung innerhalb der einzelnen Leistungsphasen entsprechend § 8 HOAI neu verteilt und in entsprechenden Abschlusszahlungsplänen berücksichtigt wird.

Da BIM-Leistungsbilder der Planung zumeist Leistungen beinhalten, die entweder Grundleistungen oder Besondere Leistungen sind, ist es für die beteiligten Planer schwierig, eine Mindestsatzunterschreitung geltend zu machen, da nach der Rechtsprechung des BGH („Gesamtvergleichsmethode“) [70] nur die Grundleistungen zu berücksichtigen/zu vergleichen sind.

In Einzelfällen können sich aufgrund von Automatisierungsprozessen auch Aufwandsminderungen ergeben, die eine Mindestsatzunterschreitung nach § 7 Abs. 3 HOAI rechtfertigen können. Dies wird etwa der Fall sein, wenn für einfache Baumaßnahmen aufgrund vordefinierter Bauteilkataloge ohne weitere geistige Arbeit Leistungsverzeichnisse erstellt und Kosten ermittelt werden können. Wann ein solcher Fall vorliegt, kann nur die Prüfung im Einzelfall ergeben.

Die modellbasierte Kollisionskontrolle und modellbasierte Regelprüfungen ersetzen lediglich bislang in anderer Form vorzunehmende Aufgaben im Planungsprozess und sind dementsprechend als Grundleistungen auch von den BIM-Honoraren umfasst. Das gilt insbesondere für die BIM-Koordination auf der Ebene der Planungsbeteiligten.

Modellbasierte Kosten- und Terminplanungen, bei denen digitale Gebäudeteile mit Kosten- und Termininformationen attribuiert werden, sind solange Grundleistungen nach den HOAI-Leistungskatalogen, wie deren inhaltliche Tiefe und zeitliche Erbringungspflicht nicht von der Planungstätigkeit nach den HOAI-Leistungskatalogen (Grundleistungen) abweichen.

Leistungen des BIM-Managements stehen außerhalb der HOAI und sind – wie die Projektsteuerung – der freien Preisvereinbarungen zwischen den Parteien zugänglich.

### 3.4 BIM und die Haftung der Projektbeteiligten

#### 3.4.1 Keine Änderung des Haftungsregimes

BIM erfordert grundsätzlich keine Anpassung der gesetzlichen und in der Praxis eingesetzten vertraglichen Haftungsregeln. Tradierte Haftungssysteme können vielmehr auch beim BIM-basierten Planen einen sachgerechten Interessenausgleich herbeiführen [66].

#### 3.4.2 Planen und Bauen unter Zuhilfenahme der Planungsmethode BIM

Der Einsatz der BIM-Methode beim Planen und Bauen erfordert keine neuen Vertragstypen. Das neue Bauvertragsrecht unterstellt sowohl Architekten- und Ingenieurverträge wie auch Bauverträge grundsätzlich dem werkvertragsrechtlichen Haftungsregime und übernimmt dabei eine jahrzehntelange Rechtsprechung aus der Entscheidungspraxis deutscher Gerichte, vgl. hierzu §§ 650a und 650o BGB. Da BIM ausschließlich eine Methode darstellt, der man sich zur Erzielung von Planungs- und Ausführungsergebnissen bedienen kann, ändert der Einsatz der Methode auch nichts an dem maßgeblichen Vertragstyp. Die Anknüpfung für Haftungsrechtsfolgen bleibt daher unverändert im Werkver-

tragsrecht verhaftet. Nicht explizit geregelt worden ist mit der Novelle des deutschen Bauvertragsrechts die Haftung der Beteiligten, insbesondere der Planungsbeteiligten *vor Abnahme der Planungsleistungen*. Diese Frage hat der BGH inzwischen dahingehend beantwortet, dass vor der Abnahme der Planungs- und Bauleistungen mit BIM keine Gewährleistungsansprüche entstehen, sondern es nach wie vor bei den allgemeinen Vorschriften des gesetzlichen Schuldrechts verbleibt. Planungsfehler, die zu Mehrkosten vor der Abnahme führen, etwa verursachte Kosten für zusätzliche Durchbrüche etc. sind nach § 280 BGB zu behandeln, verzögerte Leistungen nach § 286 BGB. Im Gegensatz zum Mängelhaftungsrecht (Gewährleistungsrecht) sind die Ansprüche verschuldensabhängig. Im Übrigen verbleibt es bei der Möglichkeit des Rücktritts nach § 323 BGB oder dem Kündigungsrecht nach § 314 BGB. In beiden Fällen kann der Auftraggeber dann Schadensersatz statt der Leistung verlangen, insbesondere auch für eine notwendige Ersatzbeauftragung, § 281 BGB.

Zu diskutieren ist lediglich die Frage, ob das *BIM-Modell als selbständiger Werkerfolg* angesehen werden kann. Unabhängig davon, ob der Planungsvertrag als Teilverschaffungsvertrag verstanden wird, bei dem die einzelnen Planungsschritte echte Teilleistungen sind [71] oder entsprechend der Judikatur des BGH zumindest dann von Teilwerkerfolgen auszugehen ist, wenn einzelne Arbeitsschritte als Teilerfolge des geschuldeten Gesamtwerks verstanden werden können [72], wird zumindest dann dem digitalen Zwilling des Gebäudes eigener Werkerfolgscharakter zuzuweisen sein, wenn die Erstellung und Fortentwicklung des BIM-basierten digitalen Planungsergebnisses eine über den Planungsprozess selbst hinausgehende Bedeutung hat. Dies wird in der Regel anzunehmen sein, wenn das digitale Gebäudemodell Basis diverser Anwendungsfälle ist, zumal dann, wenn diese das Bauen oder Betreiben betreffen. Dementsprechend wird ein Mangel des virtuellen Gebäudemodells in aller Regel auch einen Mangel des Werks darstellen und somit Mängelhaftungsansprüche auslösen können.

### 3.4.3 Verschärfte Haftung mit BIM?

BIM verschiebt das Haftungsrisiko für die Beteiligten, ohne dass augenblicklich festgestellt werden könnte, ob im Endeffekt von einem erhöhten Haftungsrisiko ausgegangen werden muss. Zunächst führt der konsequente Einsatz der BIM-Planungsmethode zu einer Qualitätssteigerung. Die eingesetzte Planungssoftware wie auch die zusätzlich eingesetzten Softwaretools für Kollisionskontrollen (clash detections) und Regelprüfungen (Quality-Checks) führen schon während des Planungsprozesses dazu, dass Konflikte und Mängel der Planung frühzeitig erkannt und in strukturierten Abarbeitungsprozessen erledigt werden können. In

nicht weiter Ferne werden Planungsleistungen vorab schon zum Abschluss einer jeden Planungsphase softwaregestützte Prüfprozeduren durchlaufen, anhand derer ein etwaiger Nachbesserungsbedarf frühzeitig erkannt und alsdann zeitgerecht behoben werden kann. Zum anderen ermöglichen es die BIM-Planungssoftwareprogramme, nachzuvollziehen, zu welchem Zeitpunkt durch welche Planungsschritte mit welchem Inhalt Planungsfehler verursacht worden sind. Die eingesetzte Software erzeugt eine automatische Dokumentation des gesamten Planungsprozesses, sodass jeder Leistungsbeitrag, jeder Zugriff und jede Planungsänderung genau nachvollzogen werden können. Endlose Diskussionen über Verantwortlichkeiten und Kausalitäten im Kontext mit der nachträglichen Beurteilung der Entstehung von Mängeln erübrigen sich damit weitgehend. Die Planungsmethode führt daher einen Schritt weiter auf dem Weg zum „gläsernen Architekten“ bzw. zum „gläsernen Objektplaner“, auch wenn eine so vollständige Planungs-Prozessdokumentation derzeit noch nicht Standard ist.

Zudem sind die Planungsbeteiligten gezwungen, enger, sehr getaktet, zusammenzuarbeiten. Es ist notwendig, den Workflow der Planung und das Zusammenwirken der Beteiligten (insbesondere Hol- und Bringschulden zu bestimmten Zeitpunkten) im BIM-Abwicklungsplan genau zu regeln. Hierdurch entstehen neue Mitwirkungspflichten und ggf. auch zusätzliche Haftungspotenziale. Allerdings entspricht es einer einheitlichen Erkenntnis im In- und Ausland, dass die enge Zusammenarbeit der Beteiligten nicht ohne Weiteres ein neues Haftungsregime erfordert, insbesondere keine durchgängige gemeinsame Haftung. Denn die Leistungsbeiträge der einzelnen Planungsbeteiligten sind bei der Anwendung der BIM-Planungsmethode abgrenzbarer als bislang. Es besteht deshalb kein Grund anzunehmen, dass die individuelle Verantwortung für Planungsfehler durch Anwendung der BIM-Methode eingeschränkt werden muss. Im Einzelfall kann auch eine gesamtschuldnerische Haftung vorliegen. Es sind jedoch keine durchgreifenden juristischen Aspekte erkennbar, die von vornherein eine gesamthafte Inanspruchnahme aller Planungsbeteiligten erzwingen würden [66].

### 3.4.4 Spezialfragen zur Haftung bei Einsatz der BIM-Planungsmethode

Beim Einsatz der BIM-Planungsmethode sind einige besondere Haftungsverhältnisse zu berücksichtigen:

#### Der funktionale Mangelbegriff

Nach der Rechtsprechung ist eine Werkleistung nur dann vertragsgemäß, wenn sie sowohl in sich mangelfrei als auch insgesamt funktionstauglich ist [73]. Der vertragliche Erfolg bestimmt sich mithin nicht allein nach der zu seiner Erreichung vereinbarten

Leistung oder Ausführungsart, sondern auch danach, welche Funktion nach dem Willen der Parteien erfüllt werden soll [74]. Da, wie einleitend ausgeführt, die Arbeitsmethode BIM ein Sammelbegriff für eine Vielzahl unterschiedlicher Einsatzformen digitalen Planens und Bauens ist, muss in jedem Einzelfall genau geprüft werden, welche Anwendungsfälle mit dem BIM-Einsatz umgesetzt werden sollen. Wenn etwa aus dem jeweiligen Vertrag klar hervorgeht, dass mit dem digitalen Gebäudemodell über den Planungsprozess hinaus eine Fortnutzung der Daten für den Bau und ggf. die spätere Betreiberphase angestrebt wird, dann hat der Planer bei seinem Modellaufbau dafür zu sorgen, dass der digitale Zwilling des Gebäudes hinsichtlich der Datenstrukturen auch entsprechend ausgelegt ist und spätere Projektbeteiligte hiermit weiterarbeiten können. Dies zeigt, dass die undifferenzierte Verpflichtung zum Einsatz der BIM-Methode für die beteiligten Planer und Ausführungsfir- men ein erhebliches Risiko bedeutet. Es ist notwendig, genau zu regeln, welche Funktionen und Zwecke mit dem digitalen Zwilling des Gebäudes erreicht werden sollen. Wenn etwa ein Auftraggeber von Planungs- oder Baubeteiligten ein As-built-Modell einfordert, muss er genau beschreiben, welchen Inhalt und welche Funktion eines Planungsmodells er erwartet. Denkbare Anforderungen verdeutlicht Bild 26.

### 3.4.5 Gewährleistung hinreichend konsistenter Modelldaten

So wie das Planen mit BIM generell die mit dem BIM-Einsatz angestrebten Funktionen einhalten muss, ist unter Berücksichtigung der jeweils vereinbarten Arbeitsmethodik (closed-BIM oder open-BIM) sicherzustellen, dass die bearbeiteten Daten für die weitere Zusammenarbeit der Planungsbeteiligten geeignet sind. Wird etwa open-BIM eingesetzt, müssen die Modelldaten geeignet sein, neutrale Schnittstellen, etwa die IFC-Schnittstelle, zu bedienen. Das erstellte Modell muss also im IFC-Standard abgebildet sein, sofern nicht ein anderer neutraler Austauschstandard vereinbart worden ist. Der Planungs- und Ausführungsbeteiligte hat genau darauf zu achten, dass alle Planungsergebnisse von Anfang an so modelliert sind, dass sie unter Einsatz von IFC weiter verwendbar sind.

### 3.4.6 Risiken eingesetzter Software

Bei Einsatz der BIM-Methode kommen unterschiedliche Softwarelösungen zum Einsatz. Schon der Einsatz von CAD-Systemen basierte auf geeigneten Softwareprodukten. Bei BIM treten jedoch eine Vielzahl zusätzlicher Softwareprodukte hinzu. Dementsprechend steigt das Risiko, dass sich Fehler aufgrund nicht ausgereifter Softwareunterstützungstools ergeben, die von den Beteiligten nicht

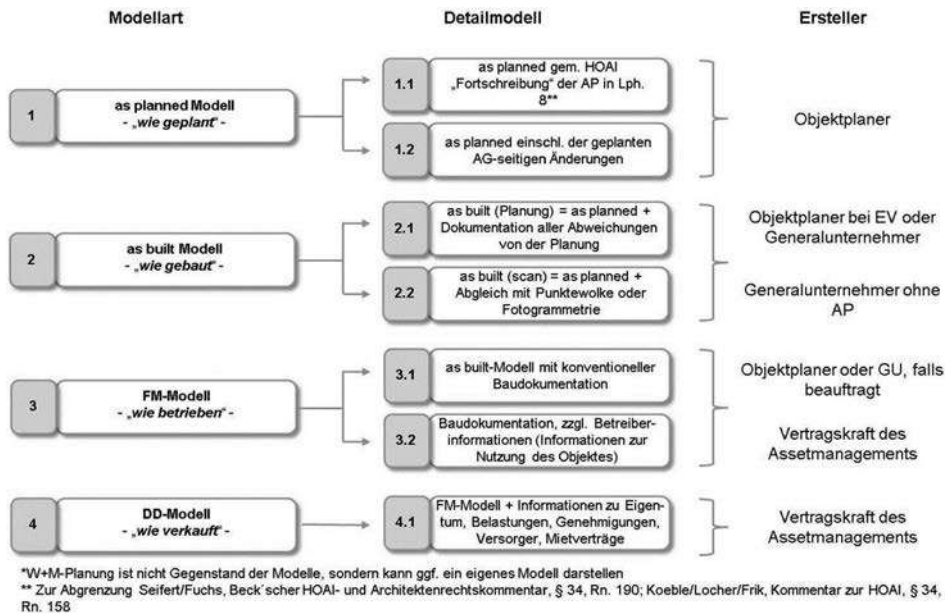


Bild 26. Anforderungen an As-built-Modell

erkannt werden bzw. nicht erkannt werden können. Datenverluste beim Einsatz der BIM-Arbeitsmethode sind daher prinzipiell nicht ausgeschlossen. Bei der Haftungsverteilung gelten – vorbehaltlich anderweitiger vertraglicher Bestimmungen – folgende Grundsätze:

- Schreibt der Auftraggeber die Anwendung einer bestimmten Software vor und kann der Auftragnehmer Fehler der Software nicht erkennen, trifft das Risiko von Softwarefehlern den Auftraggeber.
- Erbringt der Auftragnehmer – ohne Vorgabe genau dieses Softwaresystems durch den Auftraggeber – Leistungen der Planung oder des Bauens im Rahmen der Bearbeitung digitaler Daten mit von ihm selbst eingesetzten Softwaretools, hat er für etwaige Mängel der Planungsergebnisse einzustehen. Das Risiko von Datenverlusten trifft dann den Auftragnehmer, auch dann, wenn er die Mängel nicht erkennen konnte. Schadensersatzansprüche vor und nach Abnahme setzen Verschulden voraus, sodass der Planungsbeteiligte nur dann auf Schadensersatz haftet, wenn er die Mängel vorhersehen und damit abwenden konnte; nach § 280 Abs. 1 Satz 2 BGB wird das Verschulden indessen vermutet.
- Softwareunternehmen schließen die Haftung für die von ihnen hergestellten Softwareprogramme in der Regel aus. Die Haftungsausschlüsse sind als Allgemeine Geschäftsbedingung oft nicht wirksam, § 309 BGB. Gleichwohl ist es für alle Beteiligten schwierig, diese Risiken im Falle des Schadenseintritts bei Softwareherstellern geltend zu machen.
- Soweit der Planer digitale Daten in der Form von parametrisierten Objekten von Herstellern oder Dritten übernimmt, trifft ihn ebenfalls das Verwendungsrisiko. Die Rechtslage stellt sich nicht anders dar, als bei den heute oft gegebenen Übernahmen von Informationen aus Bauteilkatalogen der Hersteller, etwa bei der Erarbeitung von Leistungsverzeichnissen.
- Für Datenverluste aufgrund von Eingriffen Dritter, z. B. Trojanern, haftet derjenige, der einen entsprechenden Eingriff in die Datenstrukturen ermöglicht hat.
- Der Einsatz der BIM-Methode erfordert auch keine grundsätzlich geänderten Strukturen für Haftungsabgrenzung bzw. Haftpflichtversicherung. Auch bei der Anwendung von BIM erfüllt die gesetzliche Haftung eine wichtige ökonomische Funktion, nämlich die Beteiligten zu einer ordnungsgemäßen und möglichst fehlerfreien Arbeit anzuhalten. Eine generelle Reduzierung der Haftungsrisiken der Planungs- und Ausführungsbeteiligten bei der BIM-Anwendung erscheint nicht erforderlich. Gleichwohl kann es

sachgerecht sein, das Risiko für Datenverluste bei den heute noch nicht vollständig ausgereiften Softwaresystemen und Schnittstellen in Fällen einfacher Fahrlässigkeit zu begrenzen, etwa auf den Umfang des Versicherungsschutzes. Auch kann wegen des engen interaktiven Zusammenwirkens der Beteiligten der Abschluss von Projektversicherungen sinnvoll sein.

### 3.5 BIM und Vergaberecht

Soweit öffentliche Auftraggeber und Sektorenauftraggeber öffentliche Leistungen und Beschaffungen durchführen, haben sie oberhalb der Schwellenwerte das Kartellvergaberecht nach dem Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) in Verbindung mit der Vergabeverordnung (VgV) und den dort benannten Vergabeordnungen anzuwenden, insbesondere die EU-Vorschriften der VOB/A. Unterhalb der Schwellenwerte gilt inzwischen (auch seit Frühjahr 2017) für Dienst- und Lieferleistungen die Unterschwellenvergabeordnung (UVGO), für Bauleistungen im Übrigen die VOB/A. Hinzu kommen Sonderverfahrensvorschriften für spezifische Auftraggeberarten oder Auftragsstrukturen, etwa Sektorenauftraggeber oder Konzessionsvergaben. Das Vergaberecht erzwingt eine wettbewerbsgerechte Beschaffung. Unter diesem Blickwinkel ist die Einführung der BIM-Arbeitsmethode bei größeren Projekten unter folgenden Aspekten relevant:

#### 3.5.1 Zusätzlich zu beschaffende Leistungen

Bei dem Einsatz der Einsatzmethode BIM sind oftmals zusätzliche Leistungen zu vergeben, etwa Leistungen von IT-Beratern, von BIM-Managern und von Softwarelösungen. Bei der Beauftragung des BIM-Managers kommt der privilegierte 6. Abschnitt der VgV in Betracht, soweit hierfür die berufliche Qualifikation des Architekten oder Ingenieurs erforderlich ist (was wiederum vom konkreten Aufgabenspektrum des BIM-Managers abhängt). In der Regel steuert der BIM-Manager die Umsetzung der BIM-Anwendung unter Berücksichtigung der einzelnen Prozessschritte der Planung und der Ausführung. Er benötigt daher auch das Wissen eines Architekten oder Ingenieurs, sodass in aller Regel das Verhandlungsverfahren eröffnet ist. Im Übrigen schafft BIM keine grundsätzliche Privilegierung bei den einschlägigen und zulässigen Vergabeverfahren. Das heißt, dass BIM nicht automatisch eine Abstandnahme vom *Gebot der Fachlosvergabe* nach § 97 Abs. 4 GWB rechtfertigt. Die Zusammenfassung von Planungs- und Bauleistungen erfordert die sachliche Rechtfertigung im Einzelfall. Damit wird allerdings die Zusammenfassung von einzelnen Leistungen der Planung und/oder der Ausführung nicht von vornherein ausgeschlossen. Wenn ein öffentlicher Auftraggeber nach seiner sachge-

rechten Einschätzung der Auffassung ist, dass eine verbesserte Zusammenarbeit mit der BIM-Planungsmethode unter Zuhilfenahme bestimmter Einsatzmodelle möglich ist, kann er von einer entsprechenden Einschätzung prärogativ Gebrauch machen. BIM ist ein innovatives Planungswerkzeug und Einsatzformen, die diese Planungstechnologie fördern, können vom Auftraggeber genutzt werden, wenn er die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen und in Betracht kommenden Einsatzmodelle sorgfältig abwägt und sich aus fachlichen Gründen für eine Variante entscheidet. Das heißt, dass von dem Grundsatz der Fachlosvergabe bei der BIM-Anwendung mit sachgerechten Gründen abgesehen werden kann.

### 3.5.2 Wettbewerbsverengung durch Closed- oder Open-BIM-Lösung?

Nach § 12 Abs. 2 VgV und § 11a Abs. 7 VOB/A bzw. § 11 Abs. 7 EU-VOB/A kann der öffentliche Auftraggeber im Rahmen von Bauleistungen und für Wettbewerbe die Nutzung elektronischer Mittel bei der Bauwerksdatenmodellierung verlangen. Sofern die verlangten elektronischen Mittel für die Bauwerksdatenmodellierung nicht allgemein verfügbar sind, bietet der öffentliche Auftraggeber einen alternativen Zugang zu ihnen an. Das Vergaberecht fördert mithin die Beschaffung von BIM-Instrumenten. Die Vorschriften sind dabei dahingehend auszulegen, dass es um die BIM-Anwendung bei der Auftragsausführung (und nicht nur während des Vergabeprozesses) geht. Aus der Gesetzesbegründung zu § 97 Abs. 5 GWB geht eindeutig hervor, dass der Auftraggeber die Entscheidung über den Einsatz derartiger digitaler Programme selbst zu treffen hat [75]. Obgleich mit dem Einsatz der BIM-Arbeitsmethode prinzipiell eine Verengung des Marktes eintreten kann, weil heute noch nicht alle Planungs- und Baubeteiligten ihre Unternehmensprozesse hierauf eingerichtet haben, kann somit ein öffentlicher Auftraggeber die Planungsmethode BIM vorschreiben. Open-BIM-Strukturen sind am ehesten geeignet, die Wettbewerbsverhältnisse unberührt zu lassen. Aber auch Closed-BIM-Lösungen können von öffentlichen Auftraggebern eingesetzt werden, wenn es im Einzelfall sachliche Gründe dafür gibt, dass bestimmte BIM-Anwendungen durch Einsatz eines entsprechenden Closed-BIM-Ansatzes am besten erreicht werden können. Dies ist auch hier eine Frage der sachlichen Rechtfertigung im Einzelfall.

### 3.5.3 Produktneutrales Planen

Die einschlägigen Vergabeordnungen schreiben eine produktneutrale Beschaffung durch den öffentlichen Auftraggeber vor. Der Auftraggeber soll nicht von vornherein bestimmte Bieter bevorzugen, sondern bei seinen Beschaffungen den Wettbewerb weitestgehend nutzen. Das Vergaberecht verbietet

dabei gleichermaßen sogenannte versteckte oder verdeckte Produktvorgaben [76] § 31 Abs. 6 VgV, § 7 a Abs. 2 VOB/A. Aber auch hier können die Projektanforderungen Ausnahmen rechtfertigen [77]. Gerade das Zusammenspiel von Systemen technischer Ausführung kann eine einheitliche Systemwelt erfordern, sodass Ersatzbeschaffungen oder Ergänzungsleistungen auch produktspezifisch festgelegt werden können. Nicht gestattet ist indessen die in der BIM-Welt weit verbreitete Herangehensweise, beim modellbasierten Planen – und insbesondere bei der Verfassung von Leistungsverzeichnissen – auf nicht neutralisierte Herstellermodelldaten Zugriff zu nehmen und diese bei der Ausschreibung von Bauleistungen vorzuschreiben.

### 3.5.4 BIM-relevante Eignungs- und Zuschlagskriterien

Große Bedeutung werden in der Zukunft *Eignungskriterien* für die Auswahl von einschlägigen Teilnahmeinteressenten im Verhandlungsverfahren oder in der offenen Ausschreibung sowie *Zuschlagskriterien* für die Beauftragung entsprechender Beteiligter im Beschaffungsverfahren haben. Auftraggeber dürfen nur geeignete Dienst- oder Werkleister zur Angebotsabgabe auffordern bzw. nur deren Angebote berücksichtigen. Dazu bedarf es bei Einsatz der Arbeitsmethode BIM einer Definition von BIM-spezifischen Eignungskriterien für die zu beauftragenden Projektbeteiligten. Dabei kann auf nachgewiesene Erfahrungen, z. B. Referenzen, aber auch auf Ausbildungsnachweise zurückgegriffen werden. Zu einer Zeit, zu der die BIM-Methodik noch nicht durchgängig eingeführt ist, sollten die Anforderungen nicht zu hochgeschraubt werden, um den Wettbewerb nicht von vornherein ohne sachliche Rechtfertigung einzugrenzen.

Bei den Zuschlagskriterien geht es im Wesentlichen darum, Qualitäts- und Preiskriterien zu benennen und gegeneinander abzugrenzen. Qualitätskriterien können etwa die Zusammensetzung des konkreten Planungsteams und dessen Erfahrungen aus früheren, vergleichbaren Projekten, angeforderte Entwürfe für BIM-Abwicklungspläne oder aber die in der Verhandlung gewonnenen Eindrücke von der Kompetenz der Beteiligten und vom Umgang mit der BIM-Methodik sein. Vergaberecht erfordert von vornherein festgelegte transparente Kriterien für die Eignungs- und Zuschlagsbewertung beim BIM-Einsatz.

### 3.6 Schutz des geistigen Eigentums, Datenschutzrecht

#### 3.6.1 Eigentumsrechte an Daten

Obgleich in der zivilrechtlichen Diskussion in Deutschland nicht ganz unbestritten, gilt im deutschen Recht nach ganz herrschender Auffassung der



Grundsatz, dass *Eigentumsrechte an Daten* nicht existieren [78]. Es gibt deshalb grundsätzlich keine Ausschließlichkeitsrechte an Daten nach der deutschen Rechtsordnung.

### 3.6.2 Urheberrechtsschutz

Planungsleistungen können, gleichgültig mit welcher Methode sie hergestellt werden, ob mit Zeichenstift, CAD-Software oder der BIM-Methode, Urheberrechtsschutz genießen. Die BIM-Methode hat auf die Qualifizierung der Planungsergebnisse als urheberrechtlich schutzwürdig keinen Einfluss. Auch bei der Anwendung der BIM-Planungsmethode muss aber die Planungsleistung eine eigenschöpferische Gestaltungshöhe verdeutlichen. Das ist bei Standardbauwerken und insbesondere auch bei technischen Lösungen regelmäßig nicht der Fall [79]. Da der Entwurfsschutz nach dem Urheberrecht unabhängig von der Darstellungsform ist, gelten für das Planen mit der BIM-Arbeitsmethodik grundsätzlich keine Besonderheiten. Wohl kann vermehrt § 8 UrhG zur Anwendung kommen, wonach Miturheberrechte beim Zusammenwirken mehrerer an einem schutzwürdigen Planungsprojekt in Betracht kommen. Allerdings setzt die Miturheberschaft voraus, dass jeder Beteiligte einen Beitrag für eine persönliche geistige Schöpfung mit entsprechender Gestaltungskraft beigesteuert hat.

### 3.6.3 Datenbank, Datenbankwerkschutz und Designschutz

In aller Regel wird das digitale Gebäudemodell nicht als Datenbankwerk i. S. d. § 4 Abs. 2 UrhG schutzfähig sein. Das digitale Planungsmodell erschöpft sich zumeist in der Beschaffung der Daten durch unterschiedliche Beteiligte. Eine eigene persönliche geistige Schöpfung bei der Zusammenstellung der Daten im Sinne eines selbständigen Werks wird in aller Regel nicht gegeben sein.

Auch ein Datenbankschutz nach § 87a UrhG und Schutz von Computerprogrammen nach § 69a UrhG wird in der Regel nicht zum Tragen kommen.

Umstritten und nicht abschließend geklärt ist, ob das *Designgesetz* Möglichkeiten für Auftraggeber oder Auftragnehmer eröffnet, Designschutz an digitalen Gebäudemodellen zu begründen. Es ist schon zweifelhaft, ob Bauwerke und Gebäudemodelle dem Designschutz überhaupt unterfallen, zumal das vormalige Geschmacksmusterrecht, dessen Nachfolger der Designschutz ist, derartige Schutzrechte von vornherein ausgenommen hatte. Jedenfalls aber setzt der Designschutz eine förmliche Anmeldung als Design voraus. Nur im Falle der Eintragung der Designrechte entsteht ein entsprechender Designschutz.

### 3.6.4 Notwendigkeit der Begründung von vertraglichen Rechten an Daten

Da das deutsche Recht kein Eigentum an Daten gewährt und der Urheberrechtsschutz nur auf einzelne Bereiche des geistigen Schaffens von Architekten und Ingenieuren und Bauunternehmen beschränkt ist, müssen diejenigen, die Rechte an Daten begründen wollen, in ihren Vertragsverhältnissen für einen entsprechenden Schutz der Daten sorgen. Das geschieht in der Regel mit Know-how-Schutz- und Vertrauensschutzvereinbarungen, in denen die vertrauliche Behandlung von Daten und Regeln für die Nichtweitervergabe bei Vereinbarung konkreter Sanktionen niedergelegt werden. Umgekehrt hat der Auftraggeber, soweit Urheberrechte von Planern in Betracht kommen, für eine Übertragung von Nutzungsrechten, einschließlich der Änderungsrechte Sorge zu tragen, um seine Interessen bei der weiteren Projektnutzung abzusichern. Das gilt insbesondere für die spätere Datenverwendung im Betrieb. Die Arbeit mit der BIM-Planungsmethode erfordert daher die Ausgestaltung konkreter vertraglicher Regelungen zum geistigen Eigentum an Daten. Die Regelung ist umso mehr erforderlich, als mithilfe der elektronischen Planungswerkzeuge die einmal erstellten Datenstrukturen entsprechender Planungsmodelle beinahe beliebig verändert und für andere Planungsaufgaben eingesetzt werden können.

### 3.6.5 Datenschutzrecht

Die Arbeit mit digitalen Gebäudemodellen berührt auch das auf den Schutz persönlicher Daten ausgegerichtete Datenschutzrecht. Der Einsatz eines Common Data Environments (CDE) setzt das interaktive Zusammenwirken diverser Planungsbeteiligter voraus, wobei typischerweise auch personenbezogene Daten, etwa in der Form der Nutzung von E-Mail-Adressen bei der Zugangsanmeldung, verwendet werden. Die zulässige Datenverarbeitung setzt die Einholung datenschutzkonformer Einwilligungen der Nutzer von Projektplattformen voraus.

## 3.7 Ergebnis

Der Einsatz der BIM-Planungsmethode verändert den Rechtsrahmen für das Planen und Bauen nicht in grundsätzlicher Form. Bei der Vertragsgestaltung für und der Anwendung von BIM-Arbeitsmethoden sind allerdings eine Vielzahl besonderer Anforderungen zu berücksichtigen. Da die Arbeitsmethode BIM ein Sammelbegriff für eine Vielzahl unterschiedlicher Einsatzformen digitalen Planens und Bauens ist, lassen sich allgemeingültige Vertragslösungen schwerlich empfehlen. Vielmehr ist eine Prüfung der konkret angestrebten BIM-Ziele und BIM-Anwendungen unter den Rahmenbedingungen des Zivilrechts notwendig.

## 4 BIM-Stand der Praxis

### 4.1 Anwendungsmöglichkeiten

Im Folgenden sollen je ein Beispiel aus dem Hochbau und aus dem Infrastrukturbau die vorigen Ausführungen illustrieren und praxisnahe Hinweise geben. Auf Besonderheiten, die von den bisherigen Darstellungen abweichen oder diese weiterführen, wird hingewiesen. Grundlagen werden nicht wiederholt.

### 4.2 Neubau Bürogebäude Haus B11 – Volkswagen Financial Services

*Adriane Gasteiger, Siegfried Wernik, Sabine Burkert, Anja Nickau, Tamara Gasteiger, Georg Fröch*

#### 4.2.1 Das Projektteam und DhochN

DhochN ist ein international operierendes, interdisziplinäres Planungs- und Beratungsunternehmen mit umfassender Erfahrung und Expertise in der Planung und Realisierung von Bauwerken mit digitalen, modellbasierten Planungs- und Kooperationsmethoden (BIM). Als Vorreiter auf diesem Gebiet gilt DhochN als Innovationstreiber in der Umsetzung dieser Methoden.

Die Gründer *Anton Gasteiger, Hans-Georg Oltmanns* und *Siegfried Wernik* gehören zu den BIM-Protagonisten der ersten Stunde. Die modellbasierte, digitale Planung und die Realisierung von Bauvorhaben erfordern nach der Überzeugung der drei Partner, in interdisziplinären, integrierten Planungsteams zusammenzuarbeiten und eine integrale Planungsleistung zu erbringen. Insofern haben die Gründer ihre Kompetenzen gebündelt und 2014 gemeinsam das Unternehmen DhochN Digital Engineering errichtet. Verteilt auf die Standorte Berlin, Kufstein und Oldenburg verfügt DhochN über ein internationales Netzwerk aus Partnern und Experten verschiedenster Disziplinen.

Das Programm der DhochN beinhaltet, Leistungen mit den gleichen digitalen Arbeitsmethoden gemeinsam zu erbringen und einen verlustfreien Austausch von modellbasierten, digitalen Informationen in vielfältigen Anwendungsfällen zu gewährleisten. Nach dem von *Wernik* aufgestellten Motto „Warum arbeiten wir nicht wieder zusammen?“ integriert DhochN in den Methoden erfahrene Teammitglieder der erforderlichen Fachdisziplinen unter der fachlichen Koordination von DhochN in einem Expertenteam (Konsortium) und die Leistungen in konsistenten komplexen Modellsystemen.

DhochN ist darüber hinaus u. a. an der internationalen Normungsarbeit über die Aktivitäten seiner Experten in den Normungsinstituten wie DIN und VDI, ASI (ÖNorm), CEN beteiligt und über den Verband buildingSMART e.V. mit ISO verbunden.

Im Verlauf des im Folgenden beschriebenen BIMiD-Projekts wurde DhochN zur Unterstützung bzw. Übernahme der modelliertechischen Prozesse hinzugezogen.

#### 4.2.2 Das Projekt Neubau Bürogebäude Haus B11

Bei diesem Projekt handelt es sich um die Erweiterung eines bestehenden Bürokomplexes auf dem Campus des Standorts B von Volkswagen Financial Services AG (VWFS) in Braunschweig (Bild 27). Das Gebäude selbst schließt an den Bestand an und wird über einen bestehenden, unterkellerten Erschließungs- und Multifunktionstrakt an diesen angebunden. Der Baukörper weist 5 Geschosse auf und eine Breite des Büroflügels von 15,40 m. Insgesamt bietet das Gebäude Platz für ca. 400 flexible Büroarbeitsplätze, ein Schulungszentrum für interne Weiterbildungen sowie die erforderlichen Nebenfunktionen. Das Bauwerk selbst wird in Massivbauweise mit aussteifenden Kernelementen in Ort beton, Fertigteilen und Halbfertigteilen ausgeführt. Die Außenhaut des Gebäudes besteht aus einem



**Bild 27.** Rendering Haus B11 – VWFS

Wärmedämmverbundsystem und einer Flachdachkonstruktion. Bei der Planung und Gestaltung wurde großer Wert sowohl auf Grundrissflexibilität als auch auf Nachhaltigkeit und Energieeffizienz gelegt. Dem wurde durch Variantenuntersuchungen und Simulationen in einem frühen Projektstadium Rechnung getragen.

#### 4.2.3 BIMiD und die Ziele des Bauherrn

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie förderte im Rahmen seines Förderschwerpunktes „Mittelstand-Digital“ das Forschungsprojekt „BIMiD – BIM-Referenzobjekt in Deutschland“. Anhand eines konkreten Bauprojekts wurden beispielhaft BIM-Methoden demonstriert und evaluiert. Neben technischen Aspekten (Schnittstellendefinitionen) und Fragen der Anwendungsmethodik widmete sich BIMiD auch der Arbeitsorganisation, der Vertragsgestaltung und der Nutzerakzeptanz.

BIMiD verfolgte im Wesentlichen drei Ziele:

- Förderung einer prozessorientierten Arbeitsweise in der Planung und Bauausführung.
- Identifikation und angemessene Berücksichtigung menschlicher Faktoren, die der erfolgreichen Anwendung und Verbreitung von BIM bislang entgegenstehen.
- Didaktische Aufbereitung der Ergebnisse und Erstellen geeigneter Lehr- und Weiterbildungskonzepte zur Vermittlung von BIM-Technologien und Prozessen.

Als institutioneller Bauherr fungierte die Volkswagen Financial Services AG (VWFS) als 100-prozentige Tochtergesellschaft der Volkswagen AG und ist die Finanzdienstleistungstochter des Volkswagen-Konzerns. Bei VWFS wurde die gesamte Projektentwicklung und Umsetzung vergangener Bauvorhaben konventionell mit 2D-Planungen abgewickelt. Das interne Facility- und Flächenmanagement arbeitet allerdings schon seit geraumer Zeit modellbasiert. Ziel war es daher, eine ganzheitliche, modellbasierte Steuerung der Prozesse zu etablieren. Dabei sollte der gesamte Lebenszyklus eines Gebäudes von der Projektentwicklung und vor allem auch bis zum Betrieb abgedeckt werden. Aus diesem Grund wurden im Vorfeld folgende Ziele des Projekts definiert:

- Bereitstellung eines jederzeit aktuellen Standes der Planung über ein digitales Gebäudemodell für alle Projektbeteiligten,
- Integration von Kosten, Massen und Zeitabläufen in das Modell,
- frühe/integrale Einbindung der Fachplanungsinstanzen,
- Reduktion des Umsetzungszeitraums von Änderungen in der Planung und Verbesserung des Änderungsmanagements,

- Qualitätssteigerung von Entscheidungsgrundlagen für das Management durch Visualisierungen, modellbasierte Kosten- und Bauzeitermittlungen als Grundlage von Wirtschaftlichkeitsanalysen und dgl.,
- frühzeitigere Definition von Bauteilqualitäten und Quantitäten im Planungsprozess zur Erhöhung der Kostensicherheit und anschließender Übernahme in das Leistungsverzeichnis.

#### 4.2.4 BIM in der Praxis bei VWFS

Um die vom Bauherrn definierten Zielsetzungen zu erreichen, wurden von DhochN als Modellverantwortlichem innerhalb des Planungsteams die BIM-Prozesse sowie die Rollen im Planungsteam definiert. Dabei wurden alle vorhandenen Informationen zum Projekt in einem integralen Datenmodell gesammelt, welches die Basis für die weitere Bearbeitung und Auswertung darstellte. Das grundsätzliche Datenflussschema dazu ist in Bild 28 dargestellt.

Unter dem Input in das Modell sind alle Daten des Entwurfs, der Konstruktion sowie weitere Informationen zu Bauteilen, Räumen und dgl. zu verstehen. Der Output stellt im Wesentlichen alle BIM-Prozesse dar, welche im Projekt B11 über das digitale Gebäudemodell abgewickelt wurden:

- Erstellung des digitalen Gebäudemodells und laufende Adaptierung im Baufortschritt zum „As-built“-Modell,
- modellbasierte Mengenermittlung und LV-Erstellung,
- Kollisionskontrolle und Modellkoordination,

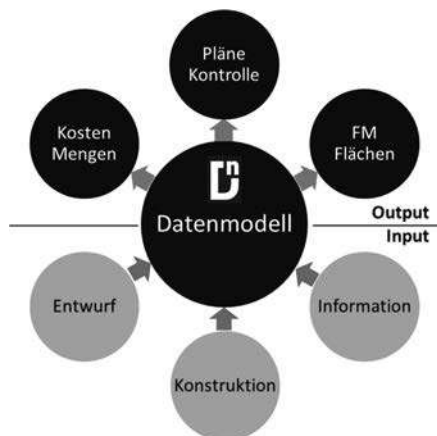
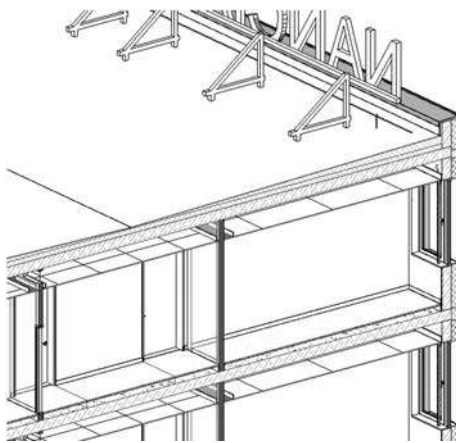


Bild 28. BIM-Prozesse in der Übersicht

- Aufbereitung des Modells für den Einsatz auf der Baustelle,
- modellbasierte Bautagesberichte – Ausführungsdokumentation,
- modellbasierte Bauleistungsabrechnung,
- Aufbereitung des As-built-Modells für die Übergabe an das FM.

### Modellbasierte Mengenermittlung und LV-Erstellung

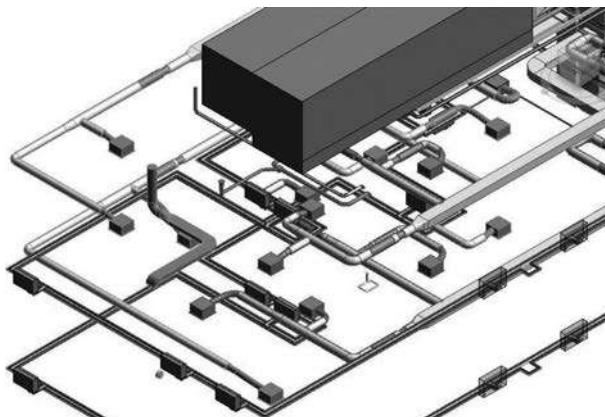
Die erste Aufgabe von DhochN bestand darin, die Leistungsverzeichnisse für die Ausschreibung des Projekts zu erstellen. Dies sollte natürlich modellbasiert erfolgen, um in weiterer Folge einen standardisierten Prozess für VWFS zu generieren.



**Bild 29.** Informationsanreicherung im Planungsprozess – Auswirkung auf das digitale Bauwerksmodell

Um ein digitales Gebäudemodell für die Mengenermittlung erstellen zu können, mussten zunächst alle Informationen der vorhandenen Planung zusammengeführt und verarbeitet werden. Dabei wurde dieses von Grund auf neu aufgebaut und die Inputs der Fachplaner über IFC oder, falls nicht verfügbar, über das dwg-Format verknüpft und in Autodesk Revit nachmodelliert. Im weiteren Planungsprozess fand dann eine Verdichtung der Informationen bzw. Merkmale auf Bauteilebene statt, bis eine ausführungsfähige Informationstiefe erreicht war. Mit dem Modell wurde nicht nur der Fachbereich Hochbau abgedeckt (Bild 29), sondern auch die gesamte Technische Gebäudeausrüstung (TGA, Bild 30). Dabei wurden Lüftungskanäle, Auslässe, Klimageräte und dgl. im Bereich Lüftung berücksichtigt. Des Weiteren wurden auch alle Bauteile der Heizungs- und Sanitärinstallation wie Rohrleitungen, Ventile und Endgeräte erstellt. Die elektrischen Anlagen wurden insofern in das Modell aufgenommen, als die Kabeltrassen und die Endgeräte als reduzierte Bauelemente Eingang fanden. Bei der modellier-technischen Umsetzung war dabei zu beachten, dass diese Bauteile als reduzierte Geometrien aufgenommen werden mussten, um die Verarbeitbarkeit des Modells zu gewährleisten.

Für die Ermittlung der Mengen und die eigentliche Erstellung des LV wurde auf die „BIM-fähige“ AVA-Software RIB iTwo zurückgegriffen, welche die Verknüpfung mit digitalen Bauwerksmodellen ermöglicht. Der generelle Prozess ist so gestaltet, dass die im Modell eingesetzten Bauteile bereits mit einer entsprechenden Parametrik ausgestattet sind, welche im AVA-Programm weiterarbeitet werden können. Dies bedeutet aber gleichzeitig, dass Bauteile, die nicht modelliert wurden, auch nicht von der AVA-Software erfasst werden können. Diese Herangehensweise wurde im Projekt B11 relativ konsequent umgesetzt, sodass beispielsweise auch



**Bild 30.** Ausschnitt aus dem TGA-Modell

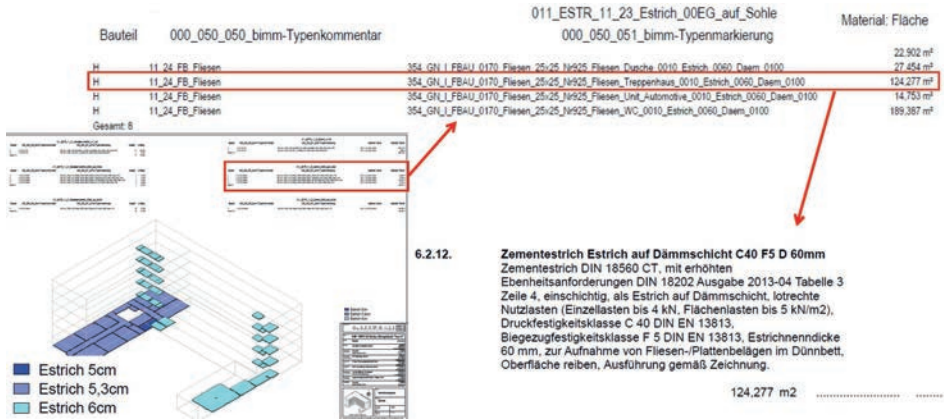


Bild 31. Schematischer Ablauf Mengenermittlung

Eckschutzschienen nicht nur abgezählt, sondern als Dummy-Element im Modell platziert wurden.

Der Aufwand dafür wurde im Vergleich zu einer herkömmlichen Massenermittlung als gleichwertig eingestuft, da die Mengenermittlung ohnedies automatisiert erfolgte. Der Vorteil ist in einem jederzeit aktuellen Mengenstand zu sehen, insbesondere bei Änderungen in der Planung. Der Ausschreibungsprozess begann dabei bereits in der Modellierung, da über die Merkmale bzw. Parameter bereits der überwiegende Teil der Qualitäten definiert wurde. Die Quantitäten, also die Mengenermittlung an sich, wurden über die Modellgeometrie bestimmt. Dazu wurde das Gebäude aus der nativen Modellierungssoftware Autodesk Revit® exportiert und in das AVA-Programm RIB iTwo® wiederum importiert. Über den dort integrierten Viewer konnten die Mengen zu den einzelnen Qualitäten bzw. LV-Positionen herausgefiltert und vom System übernommen werden. Neben der visuellen Kontrolle im Viewer des AVA-Programmes wurden die Mengen auch über eigens erstellte Mengenauszüge, welche sich automatisiert über vorbereitete Regeln aus dem digitalen Gebäudemodell erstellen lassen, gegengeprüft (Bild 31). Der weitere Erstellungsprozess für die Leistungsverzeichnisse bzw. die Vervollständigung erfolgte dann innerhalb der AVA-Software. Für die Erstellung von Termin- und Kostenplänen kann derselbe Mengenermittlungsprozess zugrunde gelegt werden.

**Kollisionskontrolle und Modellchecks**

Im Zuge der Modellerstellung wurden zu definierten Zeitpunkten Modellchecks und Kollisionskontrollen zur Qualitätssicherung des Modells durchgeführt. Dabei wurden Modellchecks und Kollisions-

kontrollen mit der Software Solibri durchgeführt (Bild 32). Es wurde sowohl fachbereichsintern auf geometrische Kollisionen einzelner Bauteile untereinander oder auf vorhandene Duplikate geprüft, als auch auf Kollisionen von Bauteilen verschiedener Planungsdisziplinen untereinander, wie z. B. Lüftung und Rohbau. Das Beheben bzw. die Bearbeitung festgestellter Probleme erforderte vor allem eines: Kommunikation. Diese wurde aufgrund der verteilten Bearbeiterteams ebenfalls über das digitale Gebäudemodell abgewickelt. Die geprüften IFC-Modelle wurden über das bauteilbezogene BCF-Format (Open BIM Collaboration Format) kommentiert, diese Notiz dann an den Zuständigen übermittelt. Der übermittelte Kommentar verortet sich im Modell des Empfängers automatisch und kann anschließend von diesem bearbeitet und beantwortet werden.

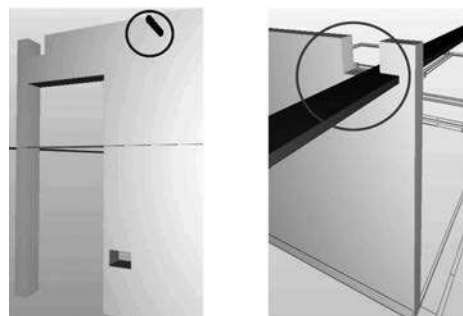


Bild 32. Im Modell festgestellte Kollisionen

### Aufbereitung des Modells für den Einsatz auf der Baustelle und modellbasierte Bautagesberichte

In einem integralen BIM-Prozess über den Lebenszyklus ist es erforderlich, auch auf der Baustelle ein digitales Bauwerksmodell einzusetzen. Dies sollte nicht nur als Informationsquelle für die Ausführenden dienen, sondern auch für die Sammlung und die nachfolgende Einpflege von Baustellendaten in das Modell (Bild 33). Dabei wurde in der Projektphase eine Beschränkung auf die Bauteile des Rohbaus vorgenommen. Um das Baustellenpersonal in der Rohbauphase nicht mit unnötigen Informationen zu belasten, wurde über Filteranwendungen die Menge der angezeigten Daten in der Form reduziert, dass lediglich baustellenrelevante Daten wie Materialgütern oder Geschosszuordnungen und dgl. verfügbar waren. Damit war die Basis für die modell- und bauteilorientierte Erfassung von Soll- und Ist-Bauzeiten vorhanden. Für die Erfassung selbst wurde ein eigens zu diesem Zweck von DhochN weiterentwickeltes Tool, basierend auf einer Masterarbeit an der Universität Innsbruck [80] als programmier-technischer Aufsatz zum CEAPPOINT-Viewer eingesetzt.

Die Eingabemaske erforderte zunächst die Auswahl der bearbeiteten Bauteile im Viewer über diverse Filterfunktionen nach Geschossen, Gewerken und dgl. Danach konnten die Zustände von Bauteilen wie beispielsweise betonierte, geschalt etc. eingetragen werden. Die Eingabemaske wurde sowohl ge-

stalterisch als auch inhaltlich in Anlehnung an handelsübliche Bautagesberichte konzipiert, sodass möglichst geringe Hemmnisse in der Anwendung auftreten konnten. Die Übernahme des Datums sowie die Wetter- und Temperaturangaben erfolgten dabei automatisiert. Die Ausgabe in PDF-Form wurde vom Auftragnehmer ausdrücklich gewünscht und wurde entsprechend umgesetzt. Die auf diesem Weg gesammelten Daten wurden anschließend in das Revit-Gesamtmodell übertragen und standen dort für die Auswertung zur Verfügung. Neben der Dokumentation konnte so der Bauablauf simuliert, sowie die Überschneidungen von Soll/Ist-Terminen auch visualisiert werden (Bild 34).

Ein weiterer Nebeneffekt dieses Prozesses war, dass tagesaktuelle Daten zum Baufortschritt online verfügbar waren. Über webbasierten Zugriff auf das Baustellenmodell konnte so jederzeit die Terminalsituation ortsunabhängig abgefragt werden.

### Modellbasierte Bauleistungsabrechnung

Die angewandte Vorgehensweise zur Modell- und LV-Erstellung wurde auch im Hinblick auf die vertraglichen Aspekte in der Abrechnung konsequent ausgedehnt. Durch die „build as to be built“-Modellierung, also als prototypisches, digitales Abbild, war es möglich, die tatsächlichen Nettomengen zu ermitteln. Die Abrechnungsmodalitäten aller Gewerke nach VOB wurden dabei bereits in der Ausschreibung optional abbedungen. Konkret wurde vereinbart, dass die herkömmlichen Abrechnungsmodalitäten entfallen und die Nettomengen aus dem

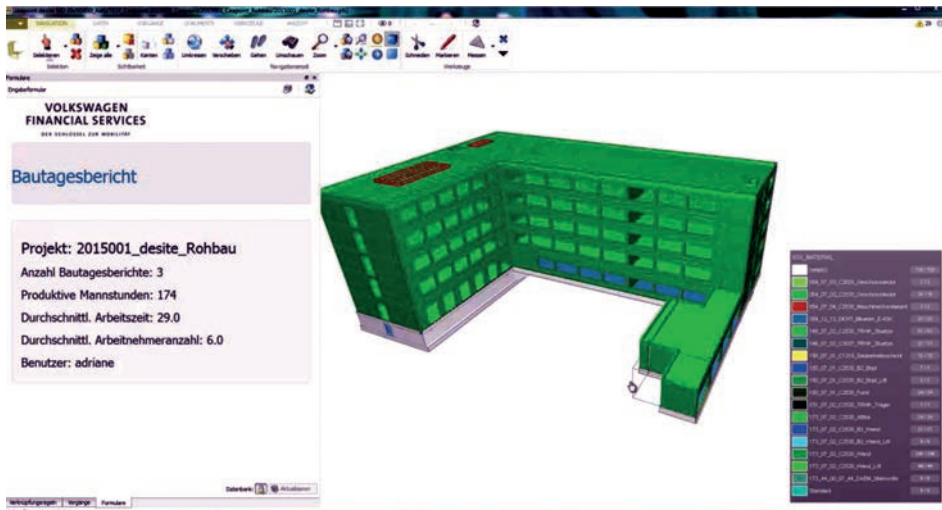


Bild 33. Screenshot Eingabe Bautagesberichte mit Modellbericht und Modell

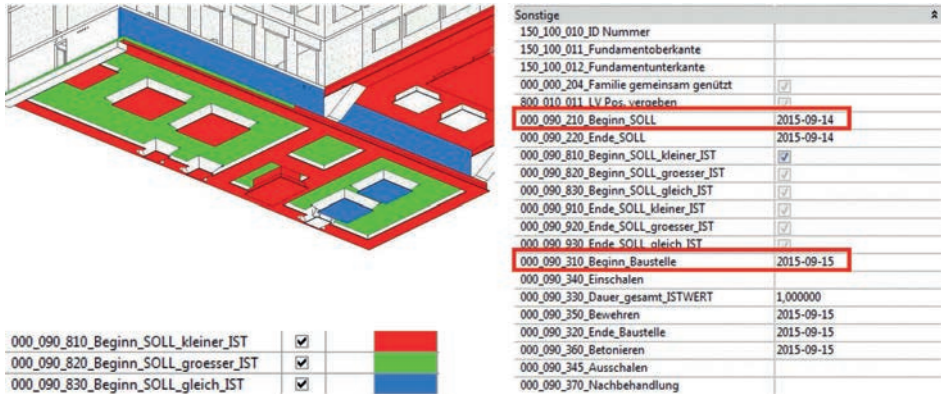


Bild 34. Visualisierung von Soll-Ist-Terminen

Modell abgerechnet werden. Dabei wurden natürlich eventuelle Änderungen in der Modellierung nachgezogen und in der Abrechnung berücksichtigt. Hat der Auftragnehmer diese Vorgehensweise akzeptiert, sind sowohl die Massenaufstellungen auf der Auftragnehmerseite als auch die Kontrollen derselben auf der Auftraggeberseite weggefallen. Diese Regelung war nicht zwingend vorgegeben, sondern als Option bereitgestellt. Wüsnete der Auftragnehmer eine Abrechnung nach VOB, wurden vom Auftraggeber dafür pauschale Kosten von 0,5% der Auftragssumme angesetzt. Die Abrechnung nach Nettomengen wurde letztlich von einigen AN akzeptiert und die Abrechnung der einzelnen Gewerke konnte im Vergleich wesentlich schneller und problemloser abgewickelt werden.

Aufgrund der vertraglich vereinbarten Bauleistungsabrechnung gestaltete sich diese relativ einfach. Dabei wurden die über das digitale Bautagebuch in die Bauteile integrierten Termininformationen herangezogen, in dem der tagesaktuelle Stand der Bauleistungen abgerufen werden konnte. Dies bildete die Basis für die jeweiligen Abrechnungen. Diese Bauteile wurden in die AVA-Software RIB iTwo importiert und in weiterer Folge ein digitales Aufmaßblatt erstellt. Anhand dessen konnte dann der AN seine Leistungen in Rechnung stellen.

#### Aufbereitung des As-built-Modells für die Übergabe an das FM

Im Vorfeld war es zwingend erforderlich, sogenannte „Must-have“-Parameter für das Facility Management zu definieren. Diese Anforderung konnte nur zum Teil durch Parameter aus der Bauwerkserstellung abgedeckt werden, da es sich dabei um Eigenschaften handelte, welche im Betrieb für den Bauherrn und dessen Facility Management wesentlich waren. Beispielfhaft kann hier die Anpassung von

Rauminformationen an den VWFS-Standard angeführt werden, wie spezielle Raum-, Fenster- oder auch Türidentifikationsnummern. Diese Informationen wurden als eigene VWFS-Parameter in das Modell bzw. die jeweiligen Bauteile aufgenommen.

Etwas aufwendiger gestaltete sich dieser Prozess bei den technischen Anlagen, wie in Bild 35 dargestellt. Die in Form einer Tabellenkalkulation sowie als PDF/Hardcopy vorhandene Bestandsdokumentation wurde sowohl im P&ID (TGA-Aufsatz für Autocad) in das Revit-Modell übernommen, sodass allen Modellelementen die notwendigen FM-Parameter direkt zugewiesen wurden. Dabei wurden Daten wie Funktionskennzeichnungen, Verortung, Produktkennzeichen und dgl. als eigene Parameter im Modell angelegt. Dieses Modell konnte im Betrieb direkt vom FM-System verarbeitet werden.

#### 4.2.5 Schlusskommentar

Insgesamt waren die im Projekt B11 von Projektbeteiligten gemachten Erfahrungen mit der BIM-Arbeitsweise durchweg positiv. Es konnte schon von Beginn an eine inhaltlich verbesserte und deutlich intensivere Kommunikation zwischen allen Beteiligten festgestellt werden. Zwischen den einzelnen Planungsinstanzen war durch die dreidimensionale Aufbereitung der Daten ein erhöhtes Verständnis bemerkbar. Durch das Modell konnten die Diskussionspunkte deutlich besser visualisiert werden als in konventionellen 2D-Zeichnungen. Sämtliche Besprechungen wurden am Modell abgehalten, wodurch die Planungsbesprechungen sehr effektiv waren. Durch diese intensive Kommunikation konnten die Planungsbesprechungen auf einen 4-wöchigen Rhythmus reduziert werden.

Die Ausführungsplanung über alle Gewerke konnte bereits vor Baubeginn abgeschlossen werden – und

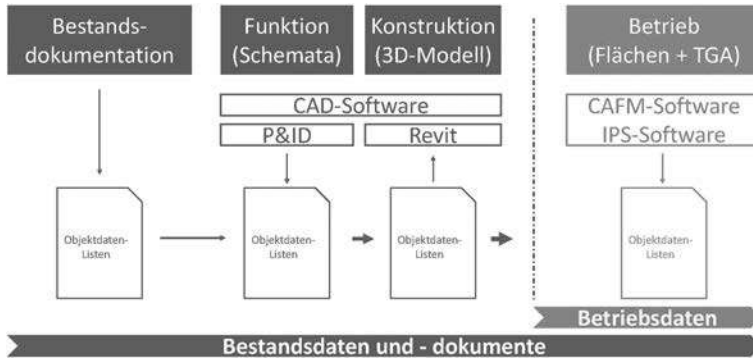


Bild 35. Ablaufschema Übernahme Bestandsdokumentation in Revit

nicht wie durchaus üblich – erst im Zuge der Ausführung. Damit hatten die Unterlagen für den Beschaffungsprozess eine durchgängige Konsistenz, was wiederum das Nachtragspotenzial erheblich verringert hat.

Aufgrund der automatisierten Kollisionskontrollen konnten Fehlerquellen schon sehr früh entdeckt werden. Dadurch war es möglich, schon in diesem frühen Stadium alternative Lösungen für diese Fehler zu erörtern und damit die Kollisionen aus dem Weg zu räumen. Noch bevor die Ausschreibung erstellt wurde, konnte auf eine abgeschlossene, koordinierte Ausführungsplanung zurückgegriffen werden.

Die BIM-Arbeitsweise hatte rückblickend eine tiefgreifende Umstrukturierung der Planungsprozesse zur Folge. Es war bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt eine hohe Planungstiefe möglich und notwendig. Von Bauherrenseite wurde dieser Umstand sehr begrüßt, da als Folge eine hohe Planungs- und damit auch Kostensicherheit gegeben war.

In der Bauphase wurde seitens des Bauherrn eine „ungewöhnliche Entspannung“ auf der Baustelle festgestellt. Der Grund dafür kann nur vermutet werden – liegt es an den bereits vorhandenen Planunterlagen, den klar definierten Leistungsumfängen oder der erhöhten Kommunikation? Auch die Erleichterung bei Aufmaß und Abrechnung wird ihren Teil dazu beigetragen haben.

Ein kleiner Ausblick auf zukünftige Entwicklungen kann hier noch gegeben werden. Im Rahmen des Projekts B11 wurde die „immersive“ (= „eindringende“) Planerbesprechung trainiert. Dabei bewegten sich die Teilnehmer virtuell im geplanten Bauwerk und konnten die anstehenden Diskrepanzen direkt am Ort ihres Entstehens besprechen. Die Reaktion der Teilnehmer war mehr als positiv. Durch

die erlebten virtuellen Welten konnte ein gewisses „Wir-Gefühl“ bei der Lösung von Problemen festgestellt werden. Anstatt der Austragung von Konflikten stand die gemeinschaftliche Weiterentwicklung des Projekts im Vordergrund.

Wohin uns die neue Technologie führen wird, können wir zum jetzigen Zeitpunkt erst erahnen. Fest steht, dass diese im Vormarsch ist und immer mehr Anhänger findet, welche die Vorzüge zu schätzen wissen. Auch wenn noch nicht alle Teile des BIM-Puzzles nahtlos zusammengefügt sind – BIM funktioniert und bietet neue Chancen – tun wir es!

### 4.3 Infrastrukturbau: ILF Tunnel- bzw. Infrastrukturplanung

*Daniel Handle, Frank Konrad und Oliver Pape*

#### 4.3.1 Einleitung

ILF ist bereits seit Jahrzehnten als Generalplaner im Infrastrukturbau tätig. Das Betätigungsfeld hinsichtlich der Planung wurde zuletzt in Richtung „Projektentwicklung anhand von Bauwerksmodellen“ ausgeweitet. Erste Erfahrungen und Ergebnisse sind dazu im Unternehmen vorhanden, welche im Weiteren erläutert werden. In Bezug auf BIM werden lediglich fachbereichsspezifische Charakteristika näher behandelt, die nicht schon in den vorigen Abschnitten erwähnt sind.

#### Integrale Planung bei ILF Consulting Engineers

Die Ingenieure von ILF Consulting Engineers aus den Bereichen **Wasser & Umwelt** und **Verkehr & Bauwerke** haben vor einigen Jahren mit der modellgestützten 3D-Planung von Projekten begonnen. Dabei wurden einzelne disziplinspezifische Aufgaben mit entsprechenden BIM-fähigen Softwareprogrammen bearbeitet. Gesamtheitlich gesehen fand die modellbasierte Planung bisher nur vereinzelt





Bild 36. Anlagenbau, 3D-Planung

innerhalb einzelner Abteilungen und mit einheitlicher Software Anwendung (little closed BIM) [81].

In den Bereichen **Öl & Gas** und **Energie & Klimaschutz** wickelt ILF hingegen seit vielen Jahren ganze Projekte modellbasiert in 3D (Bild 36) und in enger, parallel laufender Abstimmung aller beteiligter Ingenieurdisziplinen ab (big closed BIM) [81]. Die 3D-Modelle werden für den Bau und den Betrieb von Anlagen eingesetzt. Die Komponenten Zeit (4D) und Kosten (5D) wurden aber bislang nicht in das 3D-Modell integriert, sondern davon unabhängig erstellt und verwaltet.

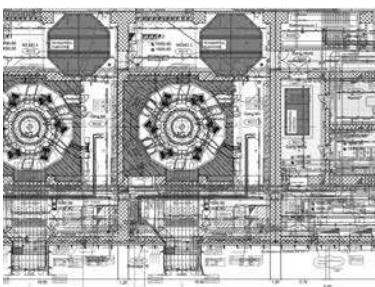
Komplexe Aufgabenstellungen, wie zum Beispiel das Koordinieren verschiedener Gewerke im Rahmen eines großen Pumpspeicherkraftwerks, die in einer reinen 2D-Planung nur mit sehr hohem zeitlichen Aufwand darstellbar waren, konnten durch den Einsatz von objektorientierter 3D-Planungssoftware erheblich effizienter abgewickelt werden. So wurde mithilfe eines 3D-Modells statt der bisher verwendeten 2D-Pläne das Verständnis der Ausführungen sowohl für die Leitungsführung als auch für die zeitliche Abfolge der Installation im Rahmen von Koordinationssitzungen auf der Baustelle erheblich verbessert, was zu einer Qualitätssteigerung

und Einsparung von Zeit und Kosten geführt hat (Bild 37).

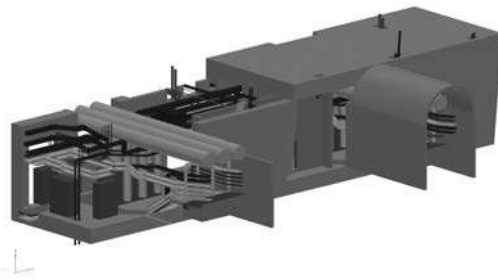
Der heutige Anspruch an eine modellbasierte Planung im Sinne des Building Information Modeling (BIM) erfordert einerseits grundsätzlich neue Herangehensweisen an Projekte und andererseits Veränderungen der organisatorischen Struktur. Durch den Wechsel der Planungsmethodik von einer zeichnungs- zu einer modellgestützten Arbeitsweise (Paradigmenwechsel von 2D zu 3D) und die Erkenntnis der Beeinflussbarkeit von Kosten und Qualität durch die Vorverlagerung von Planungs- und Entscheidungsprozessen werden Änderungen von unternehmensinternen und unternehmensübergreifenden Abläufen notwendig.

#### Allgemeine Anforderungen im Infrastrukturbereich

Die zunehmende Digitalisierung hält verstärkt auch im Infrastrukturbereich des mitteleuropäischen Raums Einzug. Um die Vorteile dieser neuen Arbeitsmethode nutzen zu können, werden nunmehr auch vermehrt von Auftraggebern für Infrastrukturprojekte digitale Bauwerksmodelle in allen Projektphasen eingefordert.



a)



b)

Bild 37. Koordinationsplanung: a) 2D und b) 3D, 4D

Daher gibt es auch im Infrastrukturbereich intensive Bestrebungen, BIM in den nächsten Jahren als Standard für die umfassende Abwicklung von Bauvorhaben vorzugeben (z. B. Reformkommission Bau von Großprojekten zur Nutzung digitaler Methoden – Building Information Modeling; der Stufenplan Digitales Bauen des BMVI/Deutschland, 2015). Auch im *Memorandum of Understanding – Spring Summit von buildingSMART International, Barcelona April 2016*, haben Vertreter von Bahnunternehmen aus sieben Ländern vereinbart, gemeinsam bis Mitte 2019 einen IFC-Standard („IFC-rail“) für die bahntechnischen Gewerke zu entwickeln. Das Hauptziel ist dabei eine verpflichtende BIM-Anwendung für Bauvorhaben öffentlicher Auftraggeber ab 2020.

### Motivation für InfraBIM innerhalb ILF

In Anbetracht der allgemein steigenden Nachfrage hinsichtlich der Umsetzung von interdisziplinären Planungsaufgaben im Bereich von Infrastrukturprojekten mithilfe von Building Information Modeling (BIM) und den Erfahrungen u. a. aus dem Anlagenbau mit der Anwendung integraler Planungsansätze war es für ILF Consulting Engineers naheliegend, sich mit dieser neuen Art der Abwicklung von Planungsprozessen auseinanderzusetzen.

Durch die Nachfrage nach einer vollumfänglich digitalen Projektentwicklung während der Planungs-, Ausführungs- und späteren Betriebs- und Erhaltungsphase wurde innerhalb der ILF Consulting Engineers beschlossen, eine stufenweise und zielorientierte Implementierung dieser neuen Planungsmethode vorzunehmen.

In diesem Zusammenhang wurde auf Basis der angestrebten Planungsziele eine Anzahl unterschiedlicher Pilot-Vorhaben vorausgewählt.

Im ILF-Geschäftsbereich Verkehr & Bauwerke fiel die Auswahl auf ein komplexes Tunnelbauvorhaben, welches einerseits aufgrund seiner Längerstreckung mögliche Grenzen des technischen Abwicklungsprozesses mit gängiger Modellierungsoftware aufzeigt (z. B. Autodesk Revit® 2016) und das andererseits aufgrund der geforderten Planungsphase und den damit verbundenen Anforderungen an die zu erbringenden Planungsleistungen prädestiniert für ein Pilot-Vorhaben ist (vgl. Abschnitt 4.3.5.)

### 4.3.2 Herangehensweise bei der Bearbeitung

Ein Grundgedanke bei einer Projektentwicklung mit der BIM-Methodik ist das Projektziel unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks bereits zum Projektstart möglichst genau zu definieren. *„Je genauer und umfassender die Grundlagen für eine Projektentwicklung mit BIM ( ) festgehalten sind, desto reibungsärmer kann die Umsetzung erfolgen.“* [82].

Die in den Abschnitten 2.4 und 3.1 ff beschriebenen Auftraggeber-Informations-Anforderungen (AIA) und in weiterer Folge der BIM-Projekt-Abwicklungsplan (PAP) bilden dafür die Voraussetzungen.

Die Notwendigkeit, Projektgrundlagen zeitgerecht zur Verfügung zu stellen, besteht keineswegs nur bei einer Projektentwicklung mit BIM. Allerdings müssen bei einer Projektentwicklung mit BIM frühzeitig die richtigen Weichen gestellt werden, da eine Änderung an die Modellanforderungen aufgrund der Durchgängigkeit des Modells in der Regel zu einem erheblichen Mehraufwand führt. So kann z. B. der zu einem späteren Zeitpunkt aufkommende Wunsch nach einer Simulation des Bauablaufs eine komplette Neumodellierung des Bauwerks erforderlich machen.

Es macht jedoch wenig Sinn, das Modell mit der maximal möglichen Performance auszustatten, weil dadurch ein ungerechtfertigter Aufwand entstehen würde. Dabei ist in Anlehnung an AEC (UK) BIM Technology Protocol [83] eher der Grundsatz zu vertreten „so grob wie möglich, so detailliert wie nötig“, um den Aufwand für die Modellerstellung im Rahmen zu halten. Vielmehr sollte Wert darauf gelegt werden, aus einer systematisch vereinfachten Darstellung im 3D-Modell eine detaillierte Abbildung in der daraus abgeleiteten 2D-Plandarstellung zu erzielen.

Vor dem Hintergrund zeitlich teilweise extrem langgestreckter Projektabläufe, insbesondere im Bereich der Infrastruktur, ist dem Umstand besonders Rechnung zu tragen, Modellanforderungen frühzeitig und möglichst vollständig definieren zu müssen. Zum Zeitpunkt des Projektstarts noch unbekannte Anforderungen, wie sie z. B. aus Auflagen im Rahmen von Genehmigungsverfahren entstehen, können in diesem Zusammenhang ein entsprechendes Risiko darstellen.

Eine Möglichkeit, diese Risiken zu minimieren, kann eine für gewisse Bereiche parametrisierte Modellierung darstellen. Allerdings ist dabei zu beachten, dass die Komplexität und damit auch die Datenmenge überproportional zunehmen, was dazu führen kann, dass sowohl die BIM-Software als auch die BIM-Methodik an ihre Grenzen stoßen.

Der Aufwand und damit die Kosten steigen, je später Änderungen eingebracht werden. Dieser Umstand und die vorher beschriebenen Anforderungen aus der BIM-Methodik nehmen insbesondere die Auftraggeber stark in die Pflicht. Projekte aus dem Bereich der Infrastruktur haben i. d. R. öffentliche Auftraggeber. Durch die mit der BIM-Methodik verknüpfte Transparenz in der Projektumsetzung bestehen bessere Möglichkeiten, den Zeitpunkt und den Umfang geänderter Projektanforderungen zu dokumentieren, was u. U. zu einer sorgfältigeren Beurteilung der Notwendigkeit von gewünschten

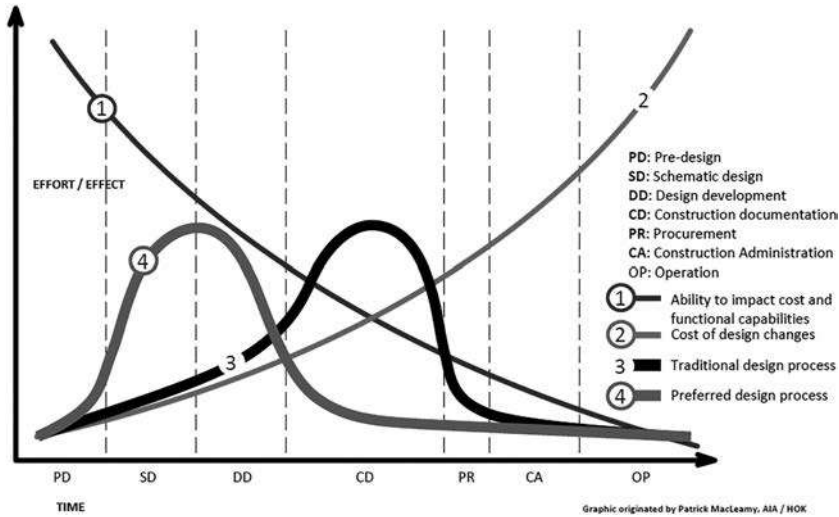


Bild 38. BIM-Kurve von Patrick MacLeamy (HOK Group, Inc = Hellmuth, Obata & Kassabaum, Inc.), vgl. [84]

Projektanforderungen führt. Auch können die monetären und zeitlichen Auswirkungen mithilfe der BIM-Methode genauer prognostiziert werden, was beides im Interesse der Öffentlichkeit liegt und damit die allgemeine Akzeptanz zur Weiterentwicklung dieser Methodik steigern dürfte.

Bei einer Projektabwicklung mit BIM ist eine sorgfältig strukturierte und disziplinierte Vorgehensweise bei der Bearbeitung der linear aufeinander folgenden Projektphasen von wesentlicher Bedeutung, weil der Planungsaufwand und auch die geforderten Entscheidungsprozesse im Projektablauf nach vorne verlagert werden (Bild 38).

#### 4.3.3 Projektabwicklung und Prozess

Die Planungsmethode BIM erfordert ein prozessorientierteres und auf Kollaboration angelegtes Planen der Beteiligten [66]. Wesentlich zur Findung der gewünschten operativen Umsetzung der BIM-Projektstruktur ist die Frage nach der Gesamtverantwortung für Planungsergebnisse aus dem BIM-Prozess. Die Vertragsgestaltung unter Berücksichtigung von BIM-Vertragsbedingungen (BIM-BVB, Abschnitt 3.1.4) soll diese Verantwortlichkeiten regeln.

*„Besondere Vorsicht ist bei der Verwendung einer stufenweisen Beauftragung geboten. Angesichts der in jedem Einzelfall zu definierenden Informationsdichte in den einzelnen Leistungsphasen kann es zu nicht unerheblichen Aufwandsverschiebungen gegenüber den HOAI-Phasen kommen. Die Gefahr*

*besteht deshalb immer, dass die für eine Leistungsphase nach der HOAI vorgesehene Vergütung für die frühen Phasen nicht ausreicht. Außerdem sind die Prozesse oft so verdichtet und der Erfahrungszuwachs in der Planungsbearbeitung so groß, dass der Austausch einzelner Teams nicht mehr in Betracht kommt und besondere vertragsgestalterische Vorkehrungen zur Stabilisierung eingearbeiteter Projektteams getroffen werden müssen.“ [66].*

Naheliegender erscheint insbesondere bei der Abwicklung von Infrastrukturprojekten mit der BIM-Methodik die Möglichkeit, die Gesamtverantwortung an einen Generalplaner zu übergeben. Im Gesamtmodell werden die Planungen der einzelnen Fachdisziplinen (Fachmodelle) zusammengeführt. Entsprechend den Detaillierungsvorgaben aus LoI (Level of Information) und LoD (Level of Detail) werden die Fachmodelle erstellt (Bilder 9 und 23). Der Generalplaner ist für die korrekte Erstellung des Gesamtmodells verantwortlich. Er stellt die Qualität des BIM-Modells inklusive der geometrischen Kollisionsfreiheit sicher. Mengenermittlung, Kostenberechnungen werden direkt mit Modelldaten erstellt. Erforderliche 2D-Pläne z. B. für die Genehmigungsplanung werden ebenfalls direkt aus dem Modell abgeleitet. Das BIM-Modell und alle angehängten Informationen (LoI) werden dem Haupt- oder dem Generalunternehmer mit der Ausschreibung übergeben. Für die für die Bauausführung erforderlichen 2D-Planunterlagen ist der Generalunternehmer selbst verantwortlich. Dieser kann sich die benötigten Schnitte aus dem Modell

ableiten. Mit abgeschlossener Bauausführung übergibt der Generalunternehmer im Idealfall dem Auftraggeber das As-built-Modell zur Weiterführung für den Betrieb als FIM (Bild 8). Hinsichtlich der damit entstehenden Fragen und Probleme siehe Abschnitt 2.6.3.

#### 4.3.4 Organisation bei ILF

Die ILF-Gruppe ist in den 4 Geschäftsfeldern Wasser & Umwelt, Verkehr & Bauwerke, Öl & Gas sowie Energie & Klimaschutz tätig und deckt damit ein sehr breites Spektrum an Ingenieurdisziplinen ab. Die Leistungen innerhalb der einzelnen Geschäftsfelder umfassen die Beratung in frühen Projektphasen bis hin zur Inbetriebnahme.

Vor diesem Hintergrund ist die Einführung einer neuen Planungsmethode und neuer Planungswerkzeuge eine große Herausforderung. Mit dem Ziel, den Einsatz der Mitarbeiter effizient auszurichten und die Kosten der Softwareprodukte auf einem moderaten Niveau zu halten, ist eine möglichst geringe Anzahl verschiedener Prozessabläufe und Softwareanwendungen vorteilhaft. Allerdings kann diese Forderung aufgrund der Diversität des Unternehmens nur bedingt erfüllt werden.

Um also einerseits dem Wunsch nach effizientem Mitarbeiterinsatz und andererseits nach maßgeschneiderten Lösungen nachzukommen, hat sich die ILF für eine Koordination der Implementierung auf höchster Ebene, der ILF-Gruppe, entschlossen. Diese übergeordnete Funktion stellt u. a. sicher, dass möglichst alle unterschiedlichen Belange der in der Gruppe befindlichen Ingenieur- und Beratungsunternehmen berücksichtigt werden.

Eine Ebene darunter befinden sich aus dem Kreis der Geschäftsführung die Leiter der BIM Task

Force für die einzelnen Hauptsitze der ILF, in denen sie für die Implementierung der BIM-Methodik verantwortlich sind. Die BIM Task Force besteht derzeit aus 4 Mitarbeitern und berät und betreut die BIM-Gruppen, die wiederum den jeweiligen Projekttypen übergeordnet sind.

Diese für die Implementierung von BIM gewählte Organisationsstruktur innerhalb der ILF-Gruppe orientiert sich somit in gewisser Weise an einem BIM-Organigramm im Sinne einer hintereinander geschalteten Prozessabwicklung.

Für die BIM-Workflows auf operativer Ebene hat sich die ILF für eine Unterteilung der Funktionen in Anlehnung an [83] orientiert (vgl. Bilder 9 und 23).

#### BIM-Manager

Die Aufgabenstellung des BIM-Managers umfasst auch bei ILF die strategische Beratung des Auftraggebers bei der Aufsetzung eines BIM-Planungsprozesses. Beratungsleistungen zu den Auftraggeber-Informationen-Anforderungen (AIA) sowie zur Entwicklung des BIM-Projekt-Abwicklungsplans (BIM-PAP) einschließlich der Anwendungsfälle und der Festlegung des Planungsinhalts der Levels of Detail (LoDs) und die Beratung zu den Vorgaben für die rechtliche Strukturierung des Planungsprozesses mit BIM (vgl. [66]) sind ebenfalls zu erbringen.

#### BIM-Koordinator

Der BIM-Koordinator ist verantwortlich für die Koordinierung aller Fachmodelle und die Integration dieser in das Gesamtmodell oder Koordinationsmodell. Der BIM Koordinator überprüft die Qualität und Vollständigkeit der Fachmodelle und dokumentiert die Qualität des Gesamtmodells oder Koordinationsmodells. Er hat genaue Kenntnis der AIA

**Tabelle 2.** Skills Matrix [83]

Role	Strategic						Management			Production		
	Corporate Objectives	Research	Process + Workflow	Standards	Implementation	Training	Execution Plan	Model Audit	Model Co-ordination	Content Creation	Modelling	Drawings Production
<b>BIM Manager</b>	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N
<b>Coordinator</b>	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N
<b>Modeller</b>	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y

sowie deren Umsetzung und leitet federführend den BIM-Planungsprozess.

### **BIM-Konstrukteur oder BIM-Modeller**

Die BIM-Modeller sind bei ILF dem BIM-Koordinator untergeordnet und betreuen die jeweilige Fachdisziplin. Sie erstellen die Modelle, Zeichnungen und sonstigen Dokumente.

Eine Übersicht der Zuständigkeiten enthält Tabelle 2.

### **4.3.5 Beispielbeschreibung**

#### **Allgemeine Projektdaten Pilotprojekt Tunnelbau**

Bei dem betrachteten Tunnelbauvorhaben handelt es sich um ein herausforderndes Infrastrukturprojekt in den südamerikanischen Hochanden im Grenzgebiet zwischen Argentinien und Chile. Dieser Abschnitt stellt ein maßgebendes Teilstück des von der pazifischen Westküste zur atlantischen Ostküste verlaufenden „Corredor Bioceánico Central“, mit einer Gesamtlänge von ca. 2.500 km, dar. Um die Fahrzeit für die Verbindung über die bestehende bis auf 4.800 m ü. NN. verlaufende schotterbefestigte Passstraße um bis zu drei Stunden verkürzen zu können, ist seitens des Betreibers EBITAN ein Scheiteltunnel für den Straßenverkehr geplant. Zudem soll durch den Ausbau dieser Ost-West-Verbindung die Transitroute nunmehr auch für den Schwerverkehr nutzbar werden.

Die vorgesehene Trassierung des Tunnelbauwerks verläuft auf einer Länge von knapp 14 km und Überlagerungshöhen von bis zu 1.600 m quer durch ein Andenmassiv, welches durch stark wechselhafte Gebirgsverhältnisse gekennzeichnet ist. 72 % der Strecke befinden sich auf Argentinischem Staatsgebiet.

Um den geltenden Sicherheitsstandards für Straßenverkehrstunnel Rechnung zu tragen, setzt sich das Tunnelbauwerk aus zwei getrennten Tunnelröhren, welche im Richtungsverkehr befahren werden, zusammen. In regelmäßigen Abständen von 250 m sind begehbare Querschläge vorgesehen, welche die beiden Tunnelröhren miteinander verbinden. Ergänzend finden sich alle 1.500 m einseitige Nothaltestellen (Pannenbuchten) in Kombination mit befahrbaren Verbindungen der beiden Tunnelröhren.

Für die Betriebsbelüftung des Tunnelbauwerks sowie als Brandrauchentlüftung im Ereignisfall wurde seitens des Betreibers ein kombiniertes Lüftungssystem, bestehend aus einer mechanischen Längs- und Vollquerlüftung konzipiert.

#### **Anforderungen, Ziele und Projektabwicklung**

Zur Abwicklung dieses Pilot-Vorhabens wurde ein mehrstufiger Bearbeitungsprozess gewählt, um die einzelnen Phasen einer 5-dimensionalen BIM-Bear-

beitung gezielt behandeln zu können. Neben den primären Modellierungsaufgaben für die Erstellung der 3-dimensionalen Bauwerks- und Koordinationsmodelle (3D) sollten auch die maßgeblichen Faktoren Zeit (4D) und Kosten (5D) sowie das zugehörige Datenmanagement eingehend betrachtet werden.

Lineare Infrastrukturprojekte stellen spezielle Anforderungen an die Erstellung von Bauwerksmodellen. Diese erfordern nicht nur die Lösung von geometrischen Problemen, sondern auch die Bewältigung großer Herausforderungen, wenn die gewünschten Objekte als „Familien“ (Zusammenschluss von Elementen im Revit®), die sich entsprechend verhalten und aus denen spezifische Informationen extrahiert werden können, zu konzipieren sind [85].

Im Rahmen des gegenständlichen Pilotprojekts wurde für die Ausbrucharbeiten der Untertagebauwerke ein zyklischer Tunnelvortrieb entsprechend den Grundsätzen der international anerkannten „Neuen Österreichischen Tunnelbaumethode“ (NÖT) zugrunde gelegt.

Nach einer initialen Evaluierung hinsichtlich des vorgesehenen Softwareinsatzes für die Bereiche 3D-Modellierung, Kosten und Bauzeit zur zweckorientierten Anwendung in der Infrastrukturplanung wurde ein spezifischer BIM-Projektabwicklungsplan (PAP) ausgearbeitet.

#### *Level of Development (LOD)*

Der Level of Development (LOD) muss für Tunnelbauwerke je Planungsphase spezifisch formuliert werden. Auf Grundlage der Empfehlungen von Borrmann [81] wurden für die 3D-Modellierung von Tunnelbauprojekten detaillierte LODs für die Planungsphasen ausgearbeitet (Tabelle 3).

Je nach Aufgabenstellung können diese Anforderungen je Planungsphase aber auch zwischen den LOD-Stufen verschoben werden.

#### *Bauteilkategorien/Teilmodelle*

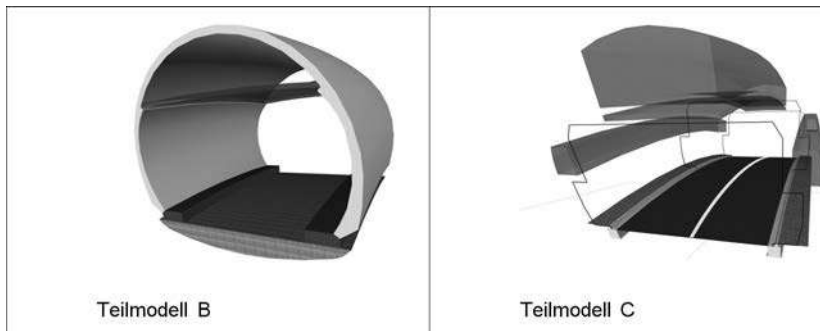
Im Sinne einer strukturierten Erstellung der 3D-Modelle wurden entsprechend den grundlegenden Bauphasen zur Herstellung der untertägigen Tunnelbauwerke aufeinander abgestimmte Teilmodelle mit detaillierten Bauteilkategorien definiert (Bild 39):

- A) Ausbruch & Sicherung (Tunnelvortrieb und Stützmittel),
- B) Rohbau/Tunnelinnenschale (Abdichtung, Innenschale, Nischen),
- C) Innenausbau (Gehweg, Fahrbahn, Raum für technische Ausrüstung),
- D) Einbauten (Entwässerung, Kabelleerrohre).

Im Bereich der Gebäude- und technischen Ausrüstungsplanung existiert auf Grundlage der ÖNORM A 6241-1 und 6241-2 bereits eine Vielzahl vordefinier-

**Tabelle 3.** LOD Schemadarstellung für Tunnelbauwerke je Planungsphase ([86], S. 207)

LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400	LOD 500
Skizzenhafte Darstellung (Bauwerkshülle) und Konzept der übergeordneten geometrischen Eigenschaften (Flächen, Höhen, Volumen, Verortung) zur Analyse, Vorplanung und Kostenschätzung	Festlegung der endgültigen Lösung mit annähernden Bauteilmassen (Mengen, Abmessungen, Formen, Lage, Verortung); Ausweisen von weiteren nicht geometrischen Informationen (z. B. Sperrzonen durch Durchdringungen) zur Auswertung, Entwurfs- und Genehmigungsplanung, Angebotskalkulation und ersten Terminplänen	Präzise Spezifikation der Bauelemente und Elementgruppen hinsichtlich Materialarten, Qualitäten, Position und Lage von Durchdringungen zu einer ausführungsreifen Lösung (u. a. Baudurchführung, Auswertung, Kostenkontrollen, Steuerungs-terminplan, Arbeitsterminplan, Detailterminplan)	Festlegung aller Fabrikationsdetails, inkl. Fertigungs-, Einbau- und weiteren Detailinformationen (z. B. Bewehrung, Durchstanzelemente, Montagevorrichtungen zur exakten Baudurchführung, Auswertung, Leistungsmeldung, Detailterminplanung, Soll-Ist-Vergleichen Prognosen und Controlling)	Nachführung der Modellelemente gemäß gebauletem Istzustand, u. a. tatsächliche und präzise Abmessungen, Formen, Lagen und Ortsbezügen zur langfristigen Bauwerksunterhaltung

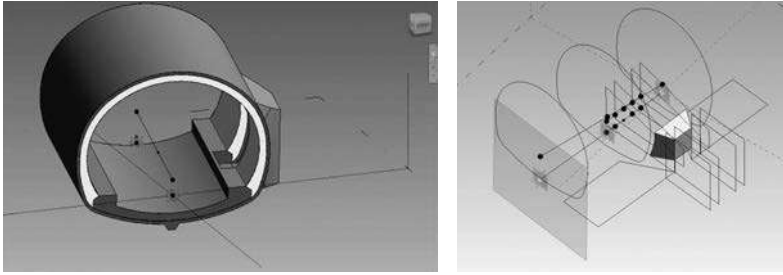
**Bild 39.** Beispiele für Teilmodelle eines Bauwerksmodells

ter Bauelemente, einschließlich einer umfassenden Datenbank zugehörig definierter Bauteil- und Materialeigenschaften in Abhängigkeit von der jeweiligen Projektphase (freeBIM-Merkmalserver [87]). Für den Infrastrukturbereich existieren in Österreich derzeit noch keine derartigen einheitlichen Datenstrukturen, jedoch gibt es seitens ASFINAG und ÖBB aktuelle Bestrebungen, im Rahmen eines Forschungsvorhabens der FFG (Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft mbH) den vorhandenen Merkmalserver zu ergänzen bzw. eine analoge Datenbank zu schaffen.

Zur Steigerung der Effizienz bei der Erstellung von 3D-Modellen besteht für wiederkehrende Bauele-

mente mit vergleichbaren Eigenschaften die Möglichkeit „parametrisierte Objektfamilien“ zu generieren.

Die 3D-Modellierung von längserstreckten Infrastrukturbauwerken (Bild 40) scheint aufgrund einer Vielzahl an softwaretechnischen Einschränkungen nur bis zu einem gewissen Grad umsetzbar (räumliche Linienführung mit Verschneidungen, Berücksichtigung der Erdkrümmung etc.). Durch die Anwendung der Revit®-Erweiterung Autodesk-DYNAMO® bietet sich jedoch mittels visueller Programmierung (Visual Scripting) eine effiziente Möglichkeit zu einer teilweise automatisierten Erstellung umfassender 3D-Modelle an.



**Bild 40.** Beispiel für parametrisierte Bauelemente

Aus den Erfahrungsberichten anderer komplexer Infrastrukturvorhaben (z. B. Tunnel Rastatt, D) geht aber hervor, dass hier die momentanen Grenzen des Machbaren erreicht würden [88].

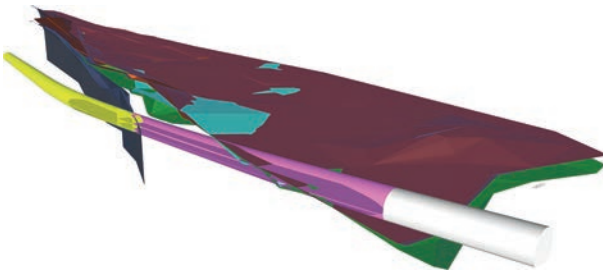
#### *Zyklische Vortriebsklassenplanung*

Durch die zielgerichtete Anwendung der BIM-Methodik bietet sich die Möglichkeit einer teilautomatisierten Planung für zyklische Tunnelvortriebe, welche unter Berücksichtigung der geologischen Randbedingungen aus einem 3D-Morphologiemodell den zugehörigen temporären Tunnelausbau ableitet (Bilder 41, 42). In weiterer Folge lassen sich

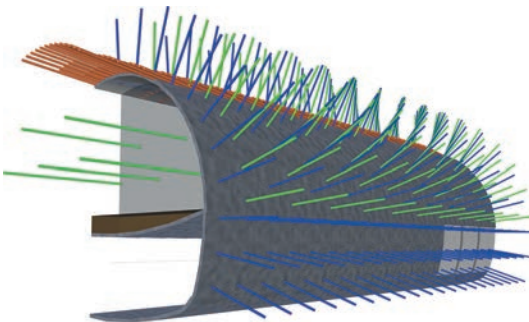
aus diesem Bauwerksmodell konventionelle Planunterlagen automatisiert ableiten.

#### *Modellbasierte Mengenermittlung*

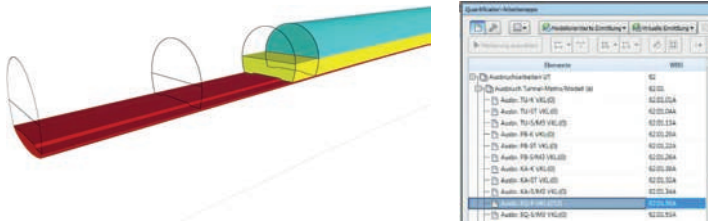
Auf Grundlage der österreichischen Standardisierten Leistungsbeschreibung für Verkehrsinfrastruktur (LB-FSV-VI.004) konnte für die im zyklischen Tunnelbau üblicherweise herangezogenen Standard-Leistungspositionen mittels Datenexport der relevanten Positionskennungsmerkmale eine unmittelbar mit dem Bauwerks-Teilmodell verknüpfte, modellbasierte Mengenermittlung erzielt werden (Bild 43).



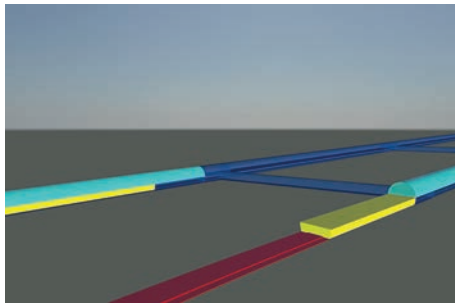
**Bild 41.** Übersichtsmodell für Vortriebsbereiche (LoD-200)



**Bild 42.** Bauwerksmodell für zyklische Vortriebsplanung (LoD-400)



**Bild 43.** Modellbasierte Mengenermittlung Vortrieb



**Bild 44.** Modellbasierte Bauablaufsimulation Tunnelvortrieb

#### *Bauablaufsimulationen Vortrieb*

Durch den Einsatz von BIM können für die Ausbruchsarbeiten der Tunnelvortriebe auf Grundlage vordefinierter Terminpläne und spezifischer Ablaufsequenzen durch gezielten Softwareeinsatz Bauablaufsimulationen (Bild 44) erzeugt werden. Auf diese Weise lassen sich bereits frühzeitig in der Planungsphase kritische Bauabläufe identifizieren und Abläufe visuell und phasenbezogen darstellen.

#### **Vorteile durch die Anwendung von BIM**

Neben der Erzeugung eines realitätsnahen, virtuellen Bauwerksmodells lassen sich gemäß der Erfahrung von ILF durch die Anwendung der BIM-Methodik, insbesondere im Zuge der Errichtung von komplexen und interdisziplinären Infrastrukturbauwerken, bereits vor dem tatsächlichen Ausführungsbeginn des Bauvorhabens neben dem plangemäßen „Bausoll“ folgende maßgeblichen Vorteile gegenüber der herkömmlichen Projektabwicklung sowohl in der Planungs- und Ausführungsphase als auch in der späteren Betriebs- und Erhaltungsphase erzielen:

- Erhöhung der Planungsqualität und der Prozesstransparenz durch eine integrale Gesamtplanung an einem fachübergreifenden 3-dimensionalen Bauwerksmodell unter Berücksichtigung

einer gezielten Planungscoordination mit laufenden Kollisionsprüfungen zwischen den Einzelgewerken.

- Verbesserung der Projektorganisation und Kommunikation aller beteiligten Fachplaner durch einheitliche, interdisziplinäre und modellorientierte Bearbeitung bei gleichzeitiger Schnittstellenreduktion zwischen allen Beteiligten.
- Unterstützung der Öffentlichkeitsbeteiligung durch ein verbessertes Kommunikationsmanagement, modellbasierte Zusammenarbeit und Vernetzung sowie umfängliche Visualisierungsmöglichkeiten.
- Höhere Terminalsicherheit bei gleichzeitiger Effizienzsteigerung durch eine abgestimmte Ablaufplanung und integrierte Terminplanung, konsistente Datenhaltung und Automatisierungsprozesse, bei gleichzeitig verbessertem Änderungsmanagement.
- Bereits in frühen Projektphasen lässt sich einerseits eine hohe Kostensicherheit durch eine genauere und umfassendere Planung erreichen. Dies führt in weiterer Folge zu einer Minimierung des Nachtragspotenzials und der Risiken in der Bauausführung und damit insgesamt zu einer Reduktion der Baukosten.
- Minimierung des gegenwärtig gängigen Informationsverlustes in den einzelnen Phasen der Projektrealisierung durch Sicherstellung eines durchgängigen Informationserhalts vom Projektierungsbeginn bis hin zum Bestandsmanagement während der Betriebsphase durch Übergabe digitaler Bauwerksdaten und zugehöriger Informationen an Betrieb und Instandhaltung.
- Nachhaltige Lebenszyklusbetrachtung durch gezielte Betriebssimulationen in der Planungsphase sowie optimierte Instandhaltung durch digitale Bauakte.
- Komplexe, interdisziplinäre Großprojekte mit wachsenden Anforderungen an alle Beteiligten werden durch Einsatz der BIM-Methodik grundsätzlich beherrschbarer.



Unter der Voraussetzung weiterer Standardisierungserfolge stehen also einem BIM-Einsatz auch in Infrastrukturprojekten keine grundsätzlichen Hindernisse mehr im Wege.

## 5 Literatur

- [1] ÖNORM A 6241-2:2015-07: Digitale Bauwerksdokumentation – Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3-iBIM. Österreichisches Normungsinstitut.
- [2] Tautschnig, A.; Fröch, G.; Gächter, W. (Hrsg.): BIM in der Wertschöpfungskette BAU – Aspekte der Digitalisierung in Baubetrieb und Bauwirtschaft. IPDC 2017. i3b Baubetrieb, Bauwirtschaft und Baumanagement, 2017.
- [3] Egger, M.; Hausknecht, K.; Liebich, T. et al.: BIM-Leitfaden für Deutschland – Endbericht, 2013.
- [4] Fröch, G.; Gächter, W.; Gasteiger, A.: Projekt free-BIM Tirol. In: Tautschnig, A.; Fröch, G.; Gächter, W. (Hrsg.): What's BIM? Neue Trends im Planungs-, Bau- und Abwicklungsprozess, Beiträge aus Theorie und Praxis. IPDC 2014. i3b Baubetrieb, Bauwirtschaft und Baumanagement, Heft 26, S. 35–42, 2014.
- [5] Fröch, G.; Gächter, W.; Gasteiger, A. et al.: Free-BIM-Tirol und die A 6241-2 – Anwendungsmöglichkeiten. In: Tautschnig, A.; Fröch, G.; Gächter, W. et al. (Hrsg.): Simulation von Planungs- und Bauprozessen – That's BIM. IPDC 2014. i3b Baubetrieb, Bauwirtschaft und Baumanagement, 2015.
- [6] buildingSMART e.V.: buildingSMART German Speaking Chapter, [http://www.buildingsmart.de/Zugriff am 11.04.2017](http://www.buildingsmart.de/Zugriff%20am%2011.04.2017).
- [7] Oberwinter, L.; Zimmermann, P.: BIM in der integralen Planung – Praxisbericht ATP Architekten Ingenieure. In: Tautschnig, A.; Fröch, G.; Gächter, W. (Hrsg.): BIM in der Wertschöpfungskette BAU. Aspekte der Digitalisierung in Baubetrieb und Bauwirtschaft. IPDC 2017. i3b Baubetrieb, Bauwirtschaft und Baumanagement, 2017.
- [8] Hausknecht, K.; Liebich, T.: BIM-Kompendium – Building Information Modeling als neue Planungsmethode. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2016.
- [9] van Nederveen, G. A.; Tolmann, F. P.: Modelling multiple views on buildings. ScienceDirect December 1992 (1992), Volume 1, Issue 3, S. 215–224.
- [10] Kovacic, I.: BIM Roadmap für integrale Planung – [diese Roadmap entstand im Rahmen des vom FFG geförderten Forschungsprojektes BIM\_sustain]. Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement Fachbereich Industriebau und interdisziplinäre Bauplanung TU Wien, Wien, 2014.
- [11] Kiviniemi, A.; Fischer, M.; Bazjanac, V.: Integration of Multiple Product Models: IFC Model Servers as a Potential Solution, 2005.
- [12] Siemens: Building information modeling (BIM) – Gebäudetechnik, <http://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/global/de/gebaeude-loesungen/building-information-modeling/seiten/building-information-modeling.aspx> [Zugriff am 23.06.2017].
- [13] Turk, Ž.: Ten questions concerning building information modelling. Building and Environment 107 (2016), 274–276.
- [14] Albrecht, M.: Building Information Modeling (BIM) in der Planung von Bauleistungen. disserta Verlag, Hamburg, 2014.
- [15] Tautschnig, A.; Hogge, A.; Gasteiger, A.: BIM – eine Revolution der Planung? bau-aktuell 4 (2013), Heft 2, S. 42–47.
- [16] Borrmann, A.; König, M.; Koch, C. et al. (Hrsg.): Building Information Modeling – Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. VDI-Buch. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2015.
- [17] Günthner, W.; Borrmann, A.: Digitale Baustelle – innovativer Planen, effizienter Ausführen – Werkzeuge und Methoden für das Bauen im 21. Jahrhundert. VDI-Buch. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin Heidelberg, 2011.
- [18] Krause, D.: Konzept einer BIM-basierten smarten Bauablaufplanung unter Berücksichtigung von Lean-Prozessstrategien. Eigenverlag TU Stuttgart, Stuttgart, 2017.
- [19] Nical, A. K.; Wodyński, W.: Enhancing Facility Management through BIM 6D. Procedia Engineering 164 (2016), S. 299–306.
- [20] Malkwitz, A.: Einführung der Methode BIM. In: Tautschnig, A.; Fröch, G.; Gächter, W. (Hrsg.): What's BIM? Neue Trends im Planungs-, Bau- und Abwicklungsprozess, Beiträge aus Theorie und Praxis. IPDC 2014. i3b Baubetrieb, Bauwirtschaft und Baumanagement, Heft 26, S. 43–46, 2014.
- [21] Rokoei, S.: Building Information Modeling in Project Management – Necessities, Challenges and Outcomes. Procedia – Social and Behavioral Sciences 210 (2015), S. 87–95.
- [22] Przybylo, J.: BIM – Einstieg kompakt – Die wichtigsten BIM-Prinzipien in Projekt und Unternehmen. Beuth-Pocket Bauwesen. Beuth, Berlin, 2015.
- [23] Ghaffarianhoseini, A.; Tookey, J.; Ghaffarianhoseini, A. et al.: Building Information Modeling (BIM) uptake – Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. Renewable and Sustainable Energy Reviews (2016), S. 1–5.
- [24] Fridrich, J.; Kubečka, K.: BIM – The Process of Modern Civil Engineering in Higher Education. Procedia – Social and Behavioral Sciences 141 (2014), S. 763–767.
- [25] Bargstädt, H.-J.: Challenges of BIM for Construction Site Operations. Procedia Engineering 117 (2015), S. 52–59.
- [26] buildingSMART: buildingSMART Data Dictionary Browser, <http://bssd.buildingsmart.org/> [Zugriff am 22.05.2017].
- [27] Statsbygg Building Information Modeling Manual, Version 1.2.1, Statsbygg, 17.12.2013.
- [28] Bauer, G. et al.: Die Zukunft der Bauprozesse – Analyse und Vorschläge zu kurzfristigen Verbesserungen. Schriftenreihe der Österreichischen Plattform 4.0,

- Heft 03, S. 1–27. TU-MV Media Verlag GmbH, Wien, 2017 [Zugriff am 15.06.2017].
- [29] Christalon, H. et al.: Thesen zur Zukunft des Bauens. Schriftenreihe der Österreichischen Plattform 4.0, Heft 01, S. 3–11. TU-MV Media Verlag GmbH, Wien, 2016 [Zugriff am 15.06.2017].
- [30] buildingSMART: Data Dictionary Browser, <http://bsdd.buildingsmart.org/> [Zugriff am 23.06.2017].
- [31] BIM Abwicklungsmodell, buildingSMART Switzerland.
- [32] PAS 1192-2:2013 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling, BSI – Business Standards Company, 2013.
- [33] PAS 1192-3:2014 Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling, BSI – Business Standards Company, 2014.
- [34] ISO/DIS 19650-2 Organization of information about construction works – Information management using building information modelling – Part 2: Delivery phase of assets, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:19650:-2:dis:ed-1:v:1:en> [Zugriff am 20.06.2017].
- [35] Siemens: Siemens Real Estate, <https://www.realestate.siemens.com/hq/en/index.php> [Zugriff am 23.06.2017].
- [36] BSI – Business Standards Institution: Standards, Training, Testing, Assessment and Certification – BSI Group, <https://www.bsigroup.com/> [Zugriff am 19.05.2017].
- [37] National Building Specification: NBS National BIM Library – free-to-use BIM objects, <https://www.nationalbimlibrary.com/> [Zugriff am 29.06.2017].
- [38] National BIM Standard United States – Version 3, National Institute of Building Sciences, 2015.
- [39] ÖNORM A 6241-1:2015-07: Digitale Bauwerksdokumentation – Teil 1: CAD-Datenstruktur und Building Information Modeling (BIM) – Level 2, Österreichisches Normungsinstitut.
- [40] buildingSMART: Industry Foundation Classes Release 4 (IFC4) – IFCRelSpaceBoundary, Terms and definitions, <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/index.htm> [Zugriff am 15.05.2017].
- [41] Enge, F.: Muster in Prozessen der Bauablaufplanung – Ein Branch-and-Bound-Verfahren zur Mustererkennung in Planungs- und Ausführungsprozessen. Dissertation, S. 14, Technische Universität, Berlin, 2009.
- [42] Wu, I.-C.; Borrmann, A.; Beißert, U. et al.: Bridge construction schedule generation with pattern-based construction methods and constraint-based simulation. *Advanced Engineering Informatics* 24 (2010), Heft 4, S. 379–388.
- [43] Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling, The British Standards Institution, 2013.
- [44] König, M.; Amann, J.; Borrmann, A. et al.: Wissenschaftliche Begleitung der BMVI Pilotprojekte zur Anwendung von Building Information Modeling im Infrastrukturbau, <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Digitales/bim-zwischenbericht-forschungsbegleitung.html>.
- [45] König, M.: Robust Construction Scheduling Using Discrete-Event Simulation. In: Zhu, Y.; Issa, R. R. (Hrsg.): *International Workshop on Computing in Civil Engineering 2011*, Miami, Florida, United States, June 19–22, 2011, S. 446–453, 2011.
- [46] Porkka, J.; Kähkönen, K.: Software development approaches and challenges of 4D product models, [http://cic.vtt.fi/projects/vbe-net/data/2007\\_SW\\_Development\\_Approaches\\_and\\_Challenges\\_of\\_4D\\_PM@\\_CIBW78\\_Maribor.pdf](http://cic.vtt.fi/projects/vbe-net/data/2007_SW_Development_Approaches_and_Challenges_of_4D_PM@_CIBW78_Maribor.pdf) [Zugriff am 26.07.2016].
- [47] Zimmermann, J.; Eber, W.: Processes in Construction Management and Real Estate Development – A Systematical Approach to the Organization of Complex Projects. *Proceedings of Creative Construction Conference Budapest* (2013).
- [48] Zimmermann, J.; Haas, B.: *Baulogistik: Motivation – Definition – Konzeptentwicklung*, Forschungsbericht. Technische Universität München, München, 2009.
- [49] DIN 276-1:2008-12: *Kosten im Bauwesen – Teil 1: Hochbau*. Deutsches Institut für Normung, Berlin.
- [50] OENORM B 1801-1:2015-12: *Kosten im Hoch- und Tiefbau – Kostengliederung*. Austrian Standards Institute.
- [51] CRB Standards für das Bauwesen: SN 506 500 Baukostenplan BKP, <http://www.crb.ch/crbOnline/CRB-Standards/Baukostenplan/BKP.html> [Zugriff am 05.05.2017].
- [52] DIN 18960:2008-02: *Nutzungskosten im Hochbau*. DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin.
- [53] OENORM B 1801-2:2011-04: *Bauprojekt- und Objektmanagement – Teil 2: Objekt-Folgekosten*. Austrian Standards Institute.
- [54] DIN SPEC 91400:2015-01: *Building Information Modeling (BIM) – Klassifikation nach STLB-Bau*. DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin.
- [55] BMWFW Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft: *Standardisierte Leistungsbeschreibung Hochbau- Version 20*, <https://www.bmwfw.gv.at/Tourismus/HistorischeBauten/Seiten/Hochbau.aspx> [Zugriff am 05.05.2017].
- [56] RICS: *RICS new rules of measurement*, <http://www.rics.org/uk/knowledge/professional-guidance/guidance-notes/new-rules-of-measurement-order-of-cost-estimating-and-elemental-cost-planning/> [Zugriff am 08.05.2017].
- [57] Smith, P.: *Project Cost Management with 5D BIM*. *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 226 (2016), S. 193–200.
- [58] CostX – BIM and 2D estimating, <https://www.exactal.com/en/costx/products/costx/> [Zugriff am 08.05.2017].

- [59] RIB Software AG: iTWO, <http://www.rib-software.com/de/landingpage/rib-itwo.html> [Zugriff am 17.10.2016].
- [60] Dr. Schiller & Partner GmbH: Was nützt dies in der Praxis (BIM)? | VergabepreisSpeicher, [http://kosten-elemente.dbd.de/index.php?site=nutzen\\_praxis\\_bim](http://kosten-elemente.dbd.de/index.php?site=nutzen_praxis_bim) [Zugriff am 04.05.2017].
- [61] BRZ Deutschland GmbH: BIM4You – beinhaltet Content Datenbank, <http://www.brz.eu/de/unternehmen/pressemitteilungen/bim4you-die-erste-bim-loesung-die-einfach-funktioniert/> [Zugriff am 11.05.2017].
- [62] Dynamo BIM, <http://dynamobim.org/> [Zugriff am 12.05.2017].
- [63] Yang, S.: Dynamo and Computational BIM – Part 2: Practical Uses, <http://the360view.typepad.com/blog/2015/02/dynamo-and-computational-bim-part-2-practical-uses.html> [Zugriff am 22.06.2017].
- [64] Europäische Akademie für Steuern, Wirtschaft und Recht: Praxisseminar: Intelligentes Controlling im öffentlichen Liegenschafts- und Gebäudemanagement; Kosten reduzieren – Transparenz erhöhen – Qualität sichern, [https://en.euroacad.eu/fileadmin/brochure-marked/Intelligentes\\_Controlling\\_im\\_oeffentlichen\\_Liegenschafts\\_und\\_Gebaedemanagement\\_S-1543-DMW.pdf?t=1498204871](https://en.euroacad.eu/fileadmin/brochure-marked/Intelligentes_Controlling_im_oeffentlichen_Liegenschafts_und_Gebaedemanagement_S-1543-DMW.pdf?t=1498204871) [Zugriff am 23.06.2017].
- [65] Eschenbruch, K.; Elixmann, R.: Das Leistungsbild des BIM-Managers. *BauR* 2015, Heft 5, 745–753.
- [66] Eschenbruch, K.; Leupertz, S.: BIM und Recht, 2016.
- [67] Verordnung vom 10.07.2013, BGBI. I 2276.
- [68] BGH, Urteil vom 04.12.1997, Az. VII ZR 177/96, *BauR* 1998, 193.
- [69] Eschenbruch, K.: Götterdämmerung über der HOAI? *NZBau* 2015 (2015), S. 457.
- [70] Fuchs, H.: Der Gesamtvergleich – Wie hält es die HOAI mit der Privatautonomie? *NZBau* 2017 (2017), S. 123.
- [71] Fuchs, H.; Berger, A.; Seifert, W.: HOAI-Honorarordnung für Architekten und Ingenieure. Beck, C H, München, 2013.
- [72] BGH, Urteil vom 24.06.2004, Az. VII ZR 259/02, *NZBau* 2004, 509, 510.
- [73] BGH, Urteil vom 08.11.2007, Az. VII ZR 183/05, *NZBau* 2008, 109.
- [74] BGH, Urteil vom 08.05.2014, Az. VII ZR 203/11, *NZBau* 2014, 492, 493, Rn. 14.
- [75] BT-Drs. (Bundestagsdrucksache) 18/6281, S. 69.
- [76] OLG Frankfurt, Beschluss vom 11.06.2013, Az. 11 Verg 3/13, *IBR* 2013, 55; Fandrey. In: Eschenbruch/Leupertz, BIM und Recht, S. 234 ff.
- [77] OLG Düsseldorf, Beschluss vom 01.08.2012, Az. Verg 10/12, *IBR* 2012, 662; Beschluss vom 22.05.2013, Az. Verg 16/12, *IBR* 2013, 562 sowie Beschluss vom 13.04.2016, Az. Verg 47/15, *ZfBR* 2017, 93.
- [78] Zech, *CR* 2015, 137; Dorner, *CR* 2014, 617; Eschenbruch/Grüner, *NZBau* 2014, 402, 408.
- [79] Locher, U.: Das private Baurecht – Lehrbuch für Studium und Praxis. CH Beck, München, 2011.
- [80] Gasteiger, A.: BIM in der Bauausführung – Automatisierte Baufortschrittsdokumentation mit BIM, deren Mehrwert und die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Phase der Bauausführung. innsbruck university press, 2015.
- [81] Borrmann, A.; Kolbe, T. H.; Donaubaue, A. et al.: Multi-Scale Geometric-Semantic Modeling of Shield Tunnels for GIS and BIM Applications. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* 30 (2015), Heft 4, S. 263–281.
- [82] Pape, O.: Organisatorische Randbedingungen bei der Abwicklung von Projekten mit BIM. In: Tautschnig, A.; Fröch, G.; Gächter, W. (Hrsg.): What's BIM? Neue Trends im Planungs-, Bau- und Abwicklungsprozess. Beiträge aus Theorie und Praxis. *IPDC* 2014. i3b Baubetrieb, Bauwirtschaft und Baumanagement, Heft 26, 2014.
- [83] AEC (UK) Initiative: AEC (UK) CAD & BIM Standards Site-AEC (UK) BIM Protocol, <https://aecuk.wordpress.com/> [Zugriff am 22.05.2017].
- [84] MacLeamy, P.: MacLeamy Curve, <http://division4tricinium.blogspot.co.at/2013/06/of-macleamy-curve-efficient-design-and.html> [Zugriff am 26.06.2017].
- [85] Handle, D.; Timlin, F.: Status der BIM-Implementierung bei ILF Consulting Engineers Austria GmbH. In: Tautschnig, A.; Fröch, G.; Gächter, W. (Hrsg.): BIM in der Wertschöpfungskette BAU. Aspekte der Digitalisierung in Baubetrieb und Bauwirtschaft. *IPDC* 2017. i3b Baubetrieb, Bauwirtschaft und Baumanagement, S. 23–32, 2017.
- [86] Laackmann, K.: Taschenbuch für den Tunnelbau 2017 – Kompendium der Tunnelbautechnologie. Ernst & Sohn, Berlin, Germany, 2016.
- [87] FreeBIM: freeBIM – Merkmalserver zu Bauteil- und Materialeigenschaften, <http://www.freebim.at/> [Zugriff am 26.05.2017].
- [88] Ehrbar, H.: BIM bei der Deutschen Bahn – Herausforderungen für den digitalen Infrastrukturbau über- und untertags. Kolloquium Untertagbau, Heft 01.12.2016. ETH Zürich.

