

Building information modeling (BIM) –
Exchange requirements – Factory planning

VDI-EXPERTENEMPFEHLUNG

Inhalt	Seite
Vorbemerkung	2
Einleitung	2
1 Anwendungsbereich	2
2 Normative Verweise	3
3 Begriffe	3
4 Abkürzungen	4
5 BIM-Fabrikplanung	5
5.1 BIM-Fabrikziele	5
5.2 Lebenszyklusphasen	5
5.3 BIM-Fabrikplanung-Anwendungsfälle	6
5.4 Beispiele von Anwendungsfällen	8
5.5 Fachmodell BIM-Fabrikplanung	10
5.6 Planungsbeteiligte/Rollen	16
5.7 Schnittstellen zu anderen Planungsdisziplinen und zum Fabrikbetrieb	17
6 Ausblick	21
Schrifttum	23

VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik (GPL)

Fachbereich Fabrikplanung und -betrieb

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Expertenempfehlung ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Expertenempfehlung VDI-EE 1100.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Voraussetzung für die Nutzung dieser VDI-Expertenempfehlung ist die Wahrung des Urheberrechts und die Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser VDI-Expertenempfehlung mitgewirkt haben, sei gedankt.

Einleitung

Für einen handhabbaren, nachvollziehbaren und erfolgreichen Ablauf eines BIM-Projekts sind ein einheitliches Verständnis von Begriffen, Prozessen und Methoden sowie verlässliche normative Vorgaben unabdingbar.

Die Richtlinienreihe VDI 2552 liefert hier ein praxisnahes Regelwerk. Bei der Erarbeitung der Richtlinien wurden die heute bereits international eingeführten und bewährten Standards sowie schon vorhandene weitreichende Erfahrungen und Entwicklungen bei der Anwendung von BIM im In- und Ausland berücksichtigt.

1 Anwendungsbereich

Diese Expertenempfehlung gilt (zusammen mit den im Abschnitt „Normative Verweise“ genannten Dokumenten) für den Informationsaustausch zwischen Fachplanern und Fachplanerinnen der Fabrikplanung

und der Gebäudeplanung unter Nutzung von Building Information Modelling (BIM).

Ziel ist es, die BIM-Methodik auf den Anwendungsbereich der Fabrik zu übertragen. Dabei werden die grundlegenden Vorgehensweisen, die bisher auf das Gebäude angewendet wurden, auf das Gesamtkonstrukt *Fabrik*, bestehend aus dem Gebäude und dem Produktionssystem, angewendet.

Building Information Modeling (BIM) ist die Methodik zur Planung, zur Ausführung und zum Betrieb von Bauwerken mit einem kollaborativen Ansatz auf Grundlage eines digitalen Bauwerksinformationsmodells zur gemeinschaftlichen Nutzung.

Anmerkung: Das digitale Bauwerksmodell ist das primäre Werkzeug, das die Arbeitsweise unterstützt und der Verwaltung von Informationen dient (z.B. Zeit, Kosten, Nutzungsdaten). BIM ist eine Arbeitsmethode, die sowohl die Planung, Projektsteuerung, Ausführung und den Betrieb als auch die Zusammenarbeit in allen Lebensphasen eines Bauwerks erleichtert.

Eine Fabrik umfasst neben dem Bauwerk das Produktionssystem (siehe Bild 1). Soll der Grundgedanke der BIM-Methodik auf die Fabrik übertragen werden, so ist die Methodik um die relevanten Informationen und Daten sowie die Beteiligten der Produktion zu ergänzen.

Diese Expertenempfehlung soll hierbei einen ersten Orientierungs- und Diskussionsrahmen liefern, um die Grundgedanken der BIM-Methodik auf die Fabrik zu übertragen. Diese soll Anwendung finden bei der Einordnung von Projekten sowohl im Bereich der Fabrikplanung (nach VDI 5200 Blatt 1), aber auch der Gebäudeplanung nach HOAI.

Die Expertenempfehlung gibt dabei eine Orientierung im Hinblick auf die Einordnung eines Projekts in die Anwendungsfälle BIM/Fabrikplanung. Dies gilt unabhängig vom Planungsfall der Fabrikplanung sowie unabhängig von Projektgröße und Planungsebene nach VDI 5200.

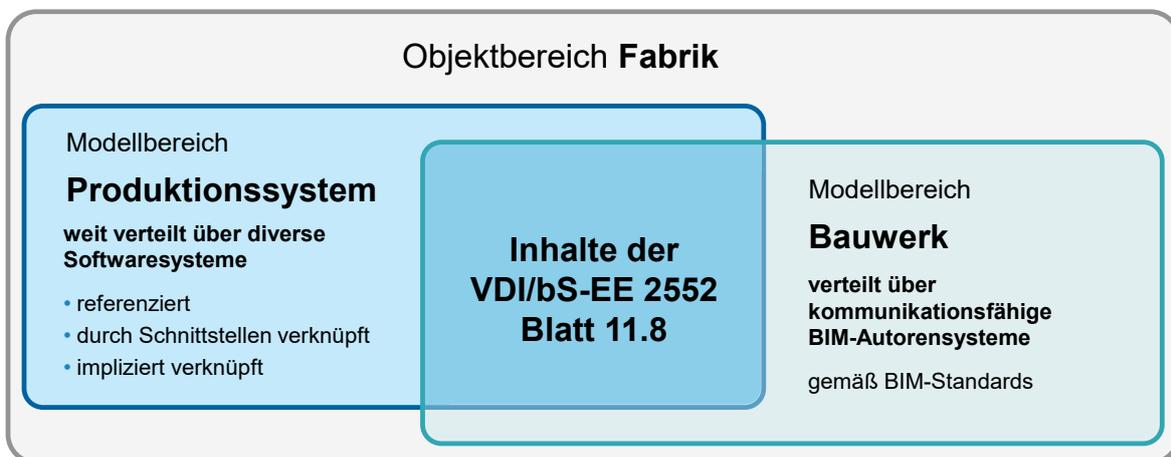


Bild 1. Die Überschneidung etablierter Modellbereiche in der Fabrikplanung erfordert ein abgestimmtes Vorgehen bei Aufbau und Nutzung digitaler Fabrikmodelle

Weiterhin gibt die Expertenempfehlung eine Empfehlung im Hinblick auf die Eigenschaften der Planungsergebnisse im Hinblick auf den Inhalt und den Detaillierungsgrad. Darüber hinaus wird der Handlungsbedarf im Hinblick auf die Weiterentwicklung der Methodik aufgezeigt.

Die Planung einer neuen Fabrik auf einer grünen Wiese (sogenanntes „Greenfield“) bietet hier die perfekte Ausgangslage. Viele Fabrik- und Anlagenprojekte finden aber im Bestand statt. Als „Brownfield“-Anlage wird eine Fabrik oder Fertigungsanlage beschrieben, die bereits gebaut und schon seit einiger Zeit in Betrieb ist. Der erste zentrale Schritt bei einem Brownfield-Projekt besteht in der Digitalisierung aller analogen Bestandteile und Prozesse.

2 Normative Verweise

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieser Expertenempfehlung erforderlich:

HOAI:2013-07 Honorarordnung für Architekten und Ingenieure

VDI 2552 Blatt 1:2020-07 Building Information Modeling; Grundlagen

VDI 2552 Blatt 2:2022-08 Building Information Modeling; Begriffe

VDI 5200 Blatt 1:2011-02 Fabrikplanung; Planungsvorgehen

VDI 5200 Blatt 2:2016-05 Fabrikplanung; Morphologisches Modell der Fabrik zur Zielfestlegung in der Fabrikplanung

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Expertenempfehlung gelten die Begriffe aus VDI 2552 Blatt 2 und die folgenden Begriffe:

BIM-Anwendungsfall (BIM-Anwendung)

BIM uses, BIM cases

Durchführung eines spezifischen Prozesses oder eines Arbeitsschritts unter Anwendung der BIM-Methodik [in Anlehnung an VDI 2552 Blatt 2]

Beispiel: Ableitung von Plänen, Kostenberechnungen oder Simulationen [in Anlehnung an VDI 2552 Blatt 2]

Anmerkung: BIM-Anwendungsfälle stellen die Konkretisierungen der zuvor definierten BIM-Ziele dar und können als solche in den Auftraggeber-Informationen-Anforderungen erfasst werden. In der internationalen Literatur werden BIM-Anwendungsfälle auch als BIM uses oder BIM cases bezeichnet. [in Anlehnung an VDI 2552 Blatt 2]

BIM-Fabrikanwendungsfall

Durchführung eines spezifischen Prozesses oder eines Arbeitsschritts im Spannungsfeld zwischen Produktionssystem und Gebäude unter Anwendung der BIM-Methodik

Anmerkung: BIM-Fabrikanwendungsfälle stellen die Konkretisierung der zuvor definierten BIM-Fabrikziele dar.

BIM-Fabrikziel

definiertes Ergebnis, das mittels eines Prozesses oder eines Arbeitsschritts im Spannungsfeld zwischen Produktionssystem und Gebäude unter Anwendung der BIM-Methodik innerhalb einer Organisation oder eines Projekts erreicht werden soll

Anmerkung: Um die BIM-Fabrikziele erreichen zu können, werden die zur Umsetzung notwendigen BIM-Fabrikanwendungsfälle definiert.

Building Information Modeling (BIM)

<Fabrikplanung> Methodik zur Planung, Ausführung und zum Betrieb von Fabriken mit einem kollaborativen Ansatz auf Grundlage von digitalen Fabrik- und Bauwerksmodellen zur gemeinschaftlichen Nutzung

Anmerkung: Eine Fabrik umfasst Gebäude- und Produktionssystem. Wird BIM-Methodik auf die Fabrik übertragen, so ist die Methodik um die relevanten Informationen und Daten sowie die Beteiligten des Produktionssystems zu ergänzen.

BIM-Abwicklungsplan

Dokument, das die Grundlage einer BIM-basierten Zusammenarbeit im Projekt beschreibt

Anmerkung: Der BIM-Abwicklungsplan legt die Ziele, die organisatorischen Strukturen und die Verantwortlichkeiten fest, stellt den Rahmen für die BIM-Leistungen und definiert die Prozesse sowie Austauschforderungen der einzelnen Beteiligten.

Entität

einzelne Exemplare von Dingen, Personen oder Begriffen der realen Welt oder der Vorstellungswelt

Beispiele: Kunde Mustermann, Artikel mit Artikelnummer

Entitätstyp

Zusammenfassung mehrerer gleichartiger Entitäten

Beispiel: „Entitätstyp Kunde“, „Entitätstyp Artikel“

Fabrik

Ort, an dem Wertschöpfung durch arbeitsteilige Produktion industrieller Güter unter Einsatz von Produktionsfaktoren stattfindet [VDI 5200 Blatt 1]

Anmerkung: Die Fabrik ist die Einheit von Produktions- und Logistiksystem und umhüllendem Gebäude.

Fabriklayout

geometrische Abbildung eines Produktions- und Logistiksystems, die die räumliche Anordnung der Struktureinheiten einer Gebäudeebene veranschaulicht

Anmerkung 1: Entsprechend dem Reifegrad der Layoutplanung haben sich Differenzierungen herausgebildet, z. B. in Ideal- und Reallayout sowie in Grob- und Feinlayout. Für ein Fabriklayout werden die räumlich angeordneten Struktureinheiten des Produktions- und Logistiksystems mit dem Gebäude referenziert und gemeinsam abgebildet, erfolgt diese Referenzierung nicht, handelt es sich lediglich um ein Produktions- und Logistiklayout.

Anmerkung 2: Fabriklayout im eigentlichen Wortsinn steht für das Ausgelegte i.S.v. Plan (ursprünglich Maschinenaufstellungsplan). Insofern ist der Fabriklayout-Begriff auf eine Produktionsebene begrenzt. Die räumliche Verbindung zwischen Fabriklayouts schafft das Gebäudesystem.

Anmerkung 3: Im Sinne des PPR-Modells (Produkt-Prozess-Ressource-Modells) beziehen sich die im Layout dargestellten Struktureinheiten lediglich auf Ressourcen, die je nach betrachteter Strukturebene z.B. zu Segmenten aggregiert werden können.

IFC-Entity (Industry Foundation Class Entity, ICF-Objekt)

Projektinformation im IFC-Modell

Beispiele: Elemente, Oberflächen und ihre Beziehungen und Parameter

Anmerkung: Jede IFC-Entity (z.B. *IfcWall*) enthält eine feste Anzahl von IFC-Attributen sowie eine beliebige Anzahl zusätzlicher IFC-Eigenschaften. Das IFC-Schema umfasst mehrere hundert Entitäten z.B. die Gebäudeelement-Entitäten wie *IfcWall* und *IfcColumn*.

Informationslieferant

Projektmitglied, das nur indirekt zur Erstellung des Datenmodells beiträgt, indem es über den gesamten Lebenszyklus der Fabrik Informationen und Daten liefert

Anmerkung 1: Die gelieferten Informationen und Daten werden von Informationsautoren in das Datenmodell übertragen.

Anmerkung 2: Ein Informationslieferant kann z.B. Attribute zu bestimmten Betriebsmitteln, Anforderungen an Lager- und Logistikmittel oder auch gutachterliche Leistungen erbringen, die anschließend im Modell implementiert werden.

Kollisionsprüfung

Methode zur Sicherstellung der Kollisionsfreiheit von Bauwerks-Informations-Modellen mittels einer automatisierten Prüfung von räumlichen Überschneidungen von Modellelementen eines oder mehrerer Fach- oder Teilmodelle [VDI 2552 Blatt 2]

Anmerkung: Es werden regelbasierte Prüfroutinen durchgeführt, mit denen festgestellt werden kann, ob die Planungen der unterschiedlichen Gewerke im Widerspruch zueinander stehen und geometrische Überschneidungen auftreten (zur Vermeidung von Planungsfehlern noch vor der Umsetzung auf der Baustelle).

Personenlast (Fluchtstromintensität, Fluchtstromquellintensität)

Menge an Menschen (hier Mitarbeitende), die über den Fluchtweg gleichzeitig das Gebäude verlassen sollen

Planungsdomäne

Fabrik- sowie Objektplanung als übergeordnete Einheit der BIM-Projekt- und Modellstruktur

Anmerkung: Durch den Begriff der „Planungsdomäne“ wird die eindeutige Zuordnung der jeweilig zu planenden Elemente sowie die entsprechende Verantwortlichkeit der Modellierung und des Datenmanagements zur Verwaltung hervorgehoben. Innerhalb der Planungsdomänen erfolgt die Unterscheidung in Planungs- bzw. Fachdisziplinen (Fachmodelle der Fabrikplanung und Objektplanung).

Punktwolke

Menge von Punkten, die einen dreidimensionalen Raum bezeichnet, wobei die Punkte neben ihren Koordinaten (X, Y, Z) auch weitere Informationen wie Intensitäts- oder Farbwerte enthalten

Anmerkung: Die Punktmenge kann beispielsweise durch die Aufnahmeverfahren *Laserscanning* oder *Fotogrammetrie* erfasst werden. Aus den Punktwolken können Bauwerksmodelle abgeleitet werden.

Ressource

<Produkt-Prozess-Ressourcen-Modell (PPR)> Inhalt der objektbezogenen Modellierung bei der Fabrikplanung mit BIM als statische Abbildung der geplanten Ressourcen (das heißt Produktionstechnik, z.B. Betriebsmittel), jedoch nicht der Prozesse oder Produkte

Rolle

Aufgabenprofil, das eine Organisationseinheit, z.B. Mitarbeiter, Teams, Dienstleister, in Bezug auf ein Vorhaben übernimmt

Anmerkung 1: Rollenbeschreibungen definieren die Verantwortlichkeiten der aktiven/direkten und passiven/indirekten Organisationseinheiten im Projekt.

Anmerkung 2: Dabei können mehrere Rollen durch eine Organisationseinheit abgedeckt werden. Im Extremfall können mehrere Rollen durch eine Person besetzt werden.

VC-Anforderung (Vibration-Class-Anforderung)

zulässige Erschütterungen im Gebäude, Prognose und Einflussgrößen

Anmerkung: vgl. VDI 2038 Blatt 2 und ISO/TS 10811-2

4 Abkürzungen

In dieser Expertenempfehlung werden die nachfolgend aufgeführten Abkürzungen verwendet:

AIA	Auftraggeberinformationsanforderungen
BAP	BIM-Abwicklungsplan (engl.: BEP – BIM Execution Planning)
BIM	Building Information Modeling
BeMi-...	Betriebsmittel-...
FIM	Factory Information Model
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
LP	Leistungsphase
LoC	Level of Coordination
LOD	Level of Development
LoD	Level of Detail
LoG	Level of Geometry
LoI	Level of Information
LOIN	Informationsbedarfstiefe (engl.: level of information need)

MVD Modellansichtsdefinition
(engl.: model view definitions)

5 BIM-Fabrikplanung

5.1 BIM-Fabrikziele

Ein BIM-Ziel ist das definierte Ergebnis, das mittels eines Prozesses unter Anwendung der BIM-Methodik innerhalb einer Organisation oder eines Projekts erreicht werden soll. BIM-Ziele oder deren Ableitungen sind Bestandteil der Auftraggeber-Informations-Anforderungen. Um die Ziele erreichen zu können, werden die zur Umsetzung notwendigen BIM-Anwendungsfälle und BIM-Anforderungen definiert, siehe VDI 2552 Blatt 2. Beispiele hierfür stellen die Verbesserung der Planungsqualität und des Kostenmanagements oder ein zentrales Datenmanagement dar.

Im Kontext der Fabrikplanung werden BIM-Fabrikziele definiert, die mit den BIM-Fabrikeinsatzfällen umgesetzt werden. Ein BIM-Fabrikziel ist ein definiertes Ergebnis, das mittels eines Prozesses oder eines Arbeitsschritts im Spannungsfeld zwischen Produktionssystem und Gebäude unter Anwendung der BIM-Methodik innerhalb einer Organisation oder eines Projekts erreicht werden soll. Beispiele für BIM-Fabrikziele stellen die Erhöhung der Planungsqualität, der Termin- und Kostensicherheit (bezüglich der zu planenden Ressourcen) oder auch ein zentrales Datenmanagement dar. Die BIM-Fabrikziele beziehen sich damit auf die Fabrikplanung als Projekt bzw. als Prozess und nicht auf die Fabrik als Objekt, wie die Ziele der Fabrikplanung nach VDI 5200 Blatt 1.

Die BIM-Fabrikziele sind:

- Koordinationsfunktion über IFC-Datenaustausch

- eindeutige Datenweitergabe aufgrund komplexer Projektwelt
- Anforderungsformulierung durch FAP und Realisierungsumsetzung durch Objektplanung
- Zusammenarbeit der Planungsdisziplinen
z.B. zur Kollisionsvermeidung (mit Fabrikelementen)

5.2 Lebenszyklusphasen

Der Fabrikplanungsprozess stellt einen Teil des gesamten Fabriklebenszyklus dar. Die in der Planung erfolgten Entscheidungen nehmen hierbei jedoch Einfluss auf entsprechend nachgelagerte Aufbau-, An- und Hochlauf-, Betriebs- und Rückbauphasen. Zudem haben in bestimmten Planungsfällen auch bereits abgeschlossene Lebenszyklen einen Einfluss auf die Fabrikplanung, denn bei Rückbau/Revitalisierung wurde schon ein Lebenszyklus durchlaufen, die damaligen Strukturentscheidungen wirken sich natürlich auf den jeweils neuen Planungsprozess aus. In Bild 2 erfolgt zunächst eine übergeordnete Zuordnung von Lebenszyklusphasen zu den standardisierten Abfolgen nach HOAI und VDI 5200. Dabei wird auch die Verknüpfung zu den entsprechenden Modellreifegraden nach BIM hergestellt. Im Fokus der Initiative steht somit, die bereits erfolgte Konsolidierung des fabrikplanerischen Phasenmodells nach VDI 5200 und der Leistungsphasen nach HOAI mit der BIM-spezifischen Terminologie und Vorgehensweise zu koppeln. Die Zuordnung einzelner Planungs- bzw. Leistungsphasen ist dabei zwischen den Lebenszyklusphasen fließend und folgt keiner strikten Trennung. Im folgenden Text werden die Lebenszyklusphasen inhaltlich charakterisiert.

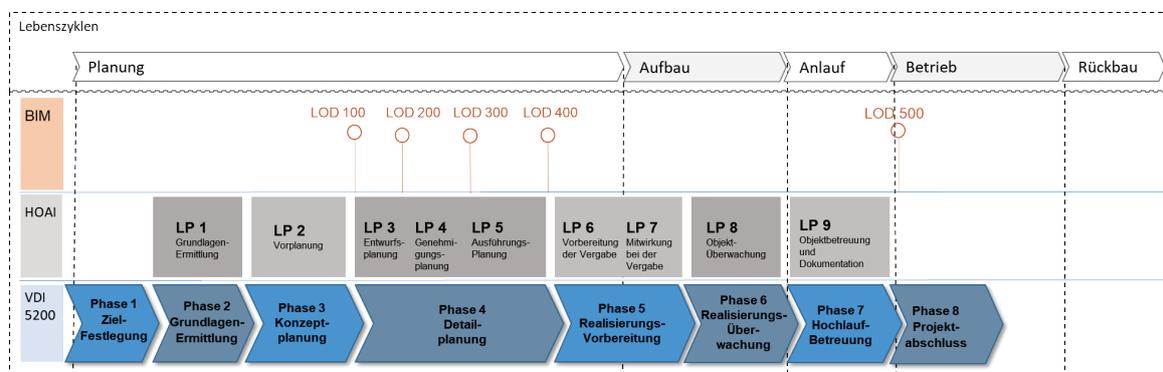


Bild 2. Übergeordnete Zuordnung von Lebenszyklusphasen zu den standardisierten Abfolgen nach HOAI und VDI 5200

5.2.1 Planung (Entwicklung)

Die Planungsphase beginnt mit dem Projektanstoß, der entsprechend durch unternehmerischen Innovationsprozess vorbereitet und initiiert wird. Im Kern der Planungsphase sind die Zielableitung und Ermittlung von Restriktionen sowie die Durchführung des eigentlichen Planungsprozesses entsprechend des domänen- bzw. fachmodellbezogenen Vorgehens. Im Übergangsbereich zwischen Planung und Aufbau befindet sich die Realisierungsplanung. Diese umfasst

- die Erstellung von Gesamtablaufplänen einschließlich der Planungsorganisation,
- die Terminplanung und Budgetierung für die Systemrealisierung sowie
- Maßnahmen zur Absicherung und Umsetzung der Planung.

Mit Vorbereitung von Ausschreibungen wird die Planung abgeschlossen und der Übergang in die Aufbauphase eingeleitet.

5.2.2 Aufbau(-planung)

Im Zuge des Aufbaus werden Genehmigungen eingeholt bzw. erstellt. Weiterhin werden Ausschreibungen durchgeführt, woraufhin sich die Angebotsauswertung und Auftragsvergabe anschließen. Logisch folgend ist die Vertragsgestaltung als Teil des Aufbauprozesses zu sehen. Zugleich müssen Prozesse für das Anspruchs- und Änderungsmanagement eingeleitet werden. Unterphasen des Aufbauprozesses können hierbei die Erprobungsplanung sowie die Inbetriebnahmeplanung sein. Ergebnis ist die abgeschlossene Übergabe des funktionstüchtigen Gesamtsystems an den Nutzer und an das bereits im Vorfeld geschulte Personal.

5.2.3 Anlauf

Der Anlaufprozess wird in die Detailphasen des Anfahrens, Hochlaufs und Normalbetriebs des Systems untergliedert. Hervorzuheben ist dabei die iterative bzw. permanente Wiederkehr von bestimmten

Anlaufphasen. Insbesondere bei Umbauaktivitäten bzw. Neunutzungsvorgängen sind die entsprechenden Anfahr- und Hochlaufprozesse zu berücksichtigen.

5.2.4 Betrieb

Start der Betriebsphase erfolgt formell, wenn das ursprüngliche Planungsziel erreicht ist, das heißt, es finden die geplanten Prozesse der Wertschöpfungsaktivitäten statt. Mit Bezug zum eigentlichen Fabrik- bzw. Produktionsbetrieb erfolgt eine kontinuierliche Produktionsplanung und -steuerung sowie regelmäßige Wartung und Instandhaltung von Produktionsanlagen, Versorgungsinfrastruktur und Fabrikgebäude.

5.2.5 Rückbau

Die Rückbauphase beginnt mit der Entscheidung über die weitere Systemverwendung bzw. Systemverwertung. Grundlegend zu unterscheidende Alternativen hierbei sind:

- Sanieren
Verbesserung des Systems zu Verlängerung bzw. Flexibilisierung des Lebenszyklus
- Außerbetriebnahme
Stilllegung und Beseitigung des Fabriksystems
- Wieder-, Weiterverwendung und -verwertung
Auswahl eines Pools von Betriebsmitteln und Gebäudekomponenten, die für anderen Systeme bereitgestellt werden. Es erfolgt somit eine Weiterverwendung außerhalb der primären Nutzung.

5.3 BIM-Fabrikplanung-Anwendungsfälle

Nachfolgend werden die Anwendungsfälle der BIM-Fabrikplanung dargestellt. Die Übersicht umfasst weitestgehend die möglichen Anwendungsfälle, erhebt jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Dabei erfolgt eine Zuordnung zu den Phasen des Fabriklebenszyklus (siehe Bild 3 und Tabelle 1) sowie eine Empfehlung im Hinblick auf die zu erreichende Qualität der Ergebnisse in dem Planungsfall.

		Lebenszyklus								Anforderungen/ LOD
		Zielfestlegung	Grundlagen- ermittlung	Konzept- planung	Detailplanung	Realisierungs- vorbereitung	Realisierungs- Überwachung	Hochlauf- Betreuung	Projekt- abschluss	
Phasen Fabrikplanung		1	2	3-5	6-7	8	9			
HOAI-Leistungsphasen		1	2	3-5	6-7	8	9			
BIM-Fabrikplanung- Anwendungsfälle										
1	Bestandserfassung Gebäude									100
2	Bestandserfassung Anlagen									
3	Digitales Anlagenkataster Bestand/Erstellung		LP1							
4a	Ableitung Planunterlagen									
5	Erstellung Fabrikstruktur (u.a. Funktionsschema)									
6	Erstellung Ideallayout			LP2						
7	Erstellung Reallayout									
8	Flucht- und Rettungswege- planung									100
9	Modellbasierte Flächen- ermittlung (VDI 3644)									
10a	Brandschutzplanung									
11a	Fortschreibung digitales Anlagenkataster									
12a	Koordination (Kollisionsprüfung)									
4b	Ableitung Planunterlagen									
13	Erstellung Feinlayout									
12b	Koordination (Kollisionsprüfung)				LP 3 - 5					200 bis 400
11b	Fortschreibung digitales Anlagenkataster									
10b	Fortschreibung Brandschutz									
4c	Ableitung Planunterlagen									
18	Visualisierung der Umzugsplanung Betriebsmittel (4-D)									
19	Modellgestützte Terminplanung Bau + Betriebsmittel (4-D)									
12c	Koordination (Kollisionsprüfung)				LP 6 - 7					400
11c	Fortschreibung digitales Anlagenkataster									
10c	Fortschreibung Brandschutz									
4c	Ableitung Planunterlagen									
20	Modellübergabe "as planned" an Betreiber									
21	Fortschrittskontrolle Bau und Aufbau Betriebsmittel									
22a	Fortschreibung "as planned"-Modell									
12d	Koordination (Kollisionsprüfung)					LP8				500
4d	Ableitung Planunterlagen									
22b	Fortschreibung "as planned"-Modell									
23	Bestandserfassung „as built“							LP9		
24	Fortschreibung "as built"-Modell									
25	Rückbau									

Bild 3. Zuordnung der Phasen des Fabriklebenszyklus sowie eine Empfehlung im Hinblick auf die Qualität der Ergebnisse

Tabelle 1. Weitere Ausdetaillierung (Prozesse, Informationsbedarfstiefe) gemäß VDI/DIN EE 2552 Blatt 12.1

Phasen Fabrikplanung	Zielfest- legung	Grundlagen- ermittlung	Konzept- planung	Detail- planung	Realisie- rungs- Vorberei- tung	Realisie- rungs- Überwa- chung	Hochlauf- Begleitung	Projekt- abschluss	Rückbau
HOAI-Leistungs- phasen		1	2	3-5	6-7	8	9		
Benennung Anwendungsfall:									
Definition:									
Nutzen: Brandschutztechnische Absicherung des Fabrikkonzepts									
• ...									
Umsetzung:									
1. ...									
Implementierungsvoraussetzungen:									
Daten, Modelle, Formate:									
Input					Output				
Projekt-/Praxisbeispiele:									
Input-Beispiel					Output-Beispiel				

5.4 Beispiele von Anwendungsfällen (Tabelle 2 und Tabelle 3)

Tabelle 2. Beispiel für den Anwendungsfall „Bestandserfassung Anlagen“

Phasen Fabrikplanung	Zielfest- legung	Grundlagen- ermittlung	Konzept- planung	Detail- planung	Realisie- rungs- Vorberei- tung	Realisie- rungs- Überwa- chung	Hochlauf- Begleitung	Projekt- abschluss	Rückbau
HOAI-Leistungs- phasen		1	2	3-5	6-7	8	9		
Benennung Anwendungsfall: Bestandserfassung Anlagen									
Definition: Aus in 3-D-Laserscantechnik erfassten, registrierten Punktwolken sind dreidimensionale Modelle von Anlagen bzw. relevanten Betriebsmitteln zu extrahieren, zu rekonstruieren und abschließend mit BIM-Attributen zu versehen.									
Nutzen:									
<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung extrahierter Punktwolken als Platzhalter für Anlagenstandorte im Fabriklayout Anmerkung: Abhängig von eingesetzter Software; zukünftig wünschenswert ist eine Umsetzung per openBIM. • Verwendung rekonstruierter 3-D-Anlagenmodelle sowohl im Fabriklayout als auch im Bauwerksmodell • Nutzung der Attributsätze zur Anforderungsermittlung für potenzielle Anlagenstandorte im Bauwerksmodell 									
Umsetzung:									
<ol style="list-style-type: none"> 1) Durchführung einer Vor-Ort-Datenerfassung mittels 3-D-Laserscan (inkl. Registrierung) 2) Extrahieren von Regionen der Punktwolke, die Anlagengeometrien repräsentieren 3) Rekonstruktion von Anlagengeometrien entsprechend Ziel-LoD(s) 4) Attribuierung (geometrische und alphanumerische Erweiterung des Anlagenmodells) entsprechend Ziel-LoL(s) 5) Bereitstellung des Anlagenmodells in den benötigten Austauschformaten 									
Implementierungsvoraussetzungen: Für die 3-D-Vermessung sollte der Produktionsbetrieb möglichst ruhen. Relevante Bereiche müssen verschattungsfrei vom Scanner erfassbar sein. Die Rekonstruktion der Anlagengeometrie und das Zusammenführen aller Informationen zum Modell übersteigen den Aufwand zum Scan meist mehrfach. Dies ist bei der Projektplanung zu berücksichtigen. Zudem sollten die Ziel-LoDs vor Beginn des Scans vereinbart worden sein.									

Tabelle 2. Beispiel für den Anwendungsfall "Bestandserfassung Anlagen" (Fortsetzung)

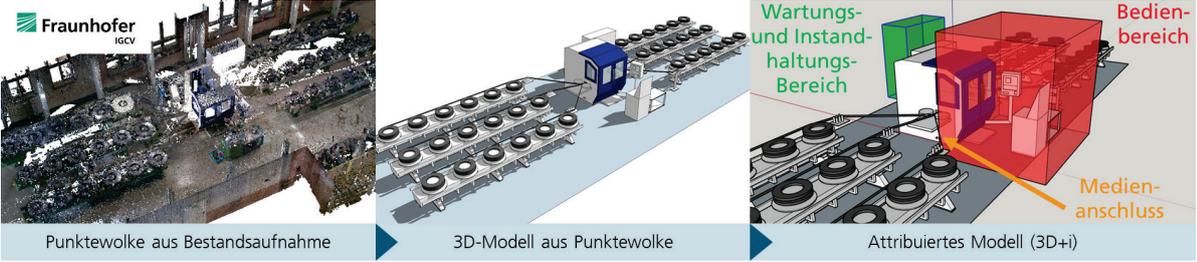
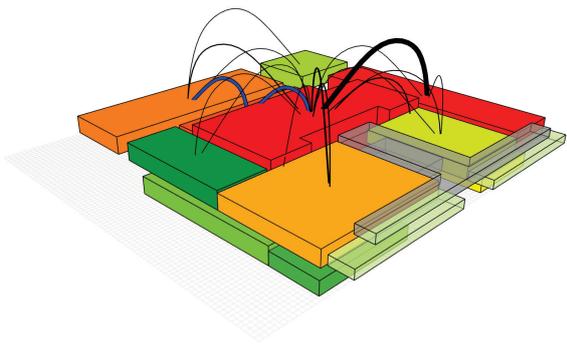
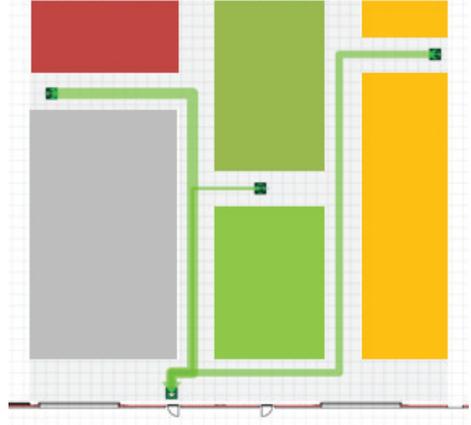
Daten, Modelle, Formate:	
Input	Output
Bestehendes Fabriklayout Nicht geometrische Betriebsmittel-Informationen zur Verarbeitung im Parametersatz	Punktwolke(n) in offenen Austauschformate wie .las, .laz, .e57 oder .xyz Ausrüstungsmodelle als Hüllgeometrie in IFC-kompatiblen 3-D-Formaten zuzüglich Parametersätzen zum Import in ein BIM-Autorensystem
Projekt-/Praxisbeispiele (Quelle: Fraunhofer IGCV):	
	
Scan-Ergebnis	3-D-Rekonstruktionsergebnis
Ergebnis der Attribuierung	

Tabelle 3. Beispiel für den Anwendungsfall „Flucht- und Rettungswegekonzeption“

Phasen Fabrikplanung	Zielfestlegung	Grundlagen- ermittlung	Konzept- planung	Detail- planung	Realisie- rungs- Vorberei- tung	Realisie- rungs- Über- wachung	Hochlauf- Begleitung	Projekt- abschluss	Rückbau
HOAI-Leistungs- phasen		1	2	3–5	6–7	8	9		
Definition: Auf Basis der Fachplanungen zu Brandabschnitten und vergleichbaren Zonen sind unter Einhaltung der für das Grundstück geltenden Vorschriften die Trassen und Öffnungen im Baukörper in Dimension und Ort festzulegen, die für die Flucht und gegebenenfalls zur Rettung von Personen mindestens vorzusehen sind.									
Nutzen: Brandschutztechnische Absicherung des Fabrikkonzepts									
<ol style="list-style-type: none"> 1) Fixierung der Flucht- und Rettungswege für Baugenehmigung 2) Trassen und Öffnungen gelten als Restriktionen für die Entwicklung von Layouts 3) In Blocklayouts modellierten Fabrikfunktionen definieren neben essenziellen Anteilen der zu erwartenden Brandlasten und vergleichbaren Anforderungen an Flucht- und Rettungswege, insbesondere die Personenlasten. 4) strukturierter Informationsaustausch zwischen Bauwerks- und Layoutplanung bezüglich dieser fabrikstrukturierenden Sachverhalte bereits in der Konzeptphase notwendig und nützlich 									
Umsetzung:									
<ol style="list-style-type: none"> 1) Ausgehend vom Blocklayout sind Brandabschnitte zu definieren und deren bautechnische Umsetzung in den Gebäudevorentwurf einarbeiten. 2) Fluchttrassen dimensionieren und im Blocklayout einarbeiten 3) Für Trassen-Enden bzw. Durchbrüche zwischen Brandabschnitten sind die erforderlichen Öffnungen im Bauwerk zu dimensionieren und notwendige Bauteile im Gebäudevorentwurf geometrisch (LoG=100) und bezüglich ihrer Anforderungen (LoI=?) zu fixieren. 4) Eine Auszeichnung bezüglich Relevanz für Flucht- und Rettungswege ist gegenüber anderen Öffnungen und Trassen im Bauwerksmodell zu sichern. 5) Flucht- und Rettungswege sind im vereinbarten Fachmodell des digitalen Bauwerksmodells zu persistieren. 									
Implementierungsvoraussetzungen:									
Blocklayoutobjekte mit maximalen Personalstärken und von ihnen ausgehenden Brand- und Explosionsgefahren sind geometrisch dimensioniert und alphanumerisch attribuiert. Ein Anordnungsentwurf der Blocklayoutobjekte im dreidimensionalen Raum ist auf den Gebäudevorentwurf abgestimmt.									

Tabelle 3. Beispiel für den Anwendungsfall „Flucht- und Rettungswegekonzeption“ (Fortsetzung)

Daten, Modelle, Formate:	
Input	Output
3-D-Blocklayout mit von ihnen zu erwartenden Brandlasten und vergleichbaren Anforderungen an Flucht- und Rettungswege, insbesondere die Personenlasten. Einleitung in BIM erfordert ein Mapping des Fabrikobjekts „Block“ aus dem Quellsystem auf eine IFC-Entity sowie die Definition deren PropertySets.	MVD(s) mit Brandabschnitten, Flucht- und Rettungsstrassen sowie Flucht- und Rettungsöffnungen, referenziert auf die Gebäudekubatur (Gebäudevorentwurf) Ausleitung der MVD(s) aus Quellsystem im aktuell ISO-zertifizierten IFC-Format
Projekt-/Praxisbeispiele:	
Inputbeispiel (nur Geometriemodell)	Outputbeispiel (Ausschnitt Geometriemodell)
	

5.5 Fachmodell BIM-Fabrikplanung

Die Modellstruktur der BIM-Methodik kann als Grundlage für die Zusammenarbeit in der Fabrikplanung mit BIM herangezogen werden. Dabei ist zu beachten, dass BIM „mehr als nur Software“ ist, sondern auch und vor allem die Arbeitsweise der objektbezogenen Modellierung und der gemeinsamen Arbeit über ein zentrales Koordinationsmodell darstellt. Die Fabrikplanung mit BIM geht dabei über das Gebäude hinaus. In frühen Phasen erfolgt hierbei die Anordnung von Struktureinheiten zu einem Fabrik- bzw. Produktionslayout. Im weiteren Planungsverlauf werden diese Struktureinheiten zu Ressourcen (z.B. Betriebsmittel) detailliert und deren geometrische Darstellung sowie zugehörige informatorische Parameter modelliert.

Für die Integration der Fabrikplanung in ein BIM-Projekt hat es sich als sinnvoll erwiesen, das Koordinationsmodell auf einer weiteren Hierarchieebene (gegebenenfalls rein bauwerkbezogenes BIM) in Fabrik- und Objektplanung zu trennen. Dies ermöglicht eine klare Trennung zwischen den Fabrikobjekten mit direktem Produktionsbezug und den Elementen des Gebäudes. Unterhalb der Koordinationsmodelle der 2. Ebene sind die Fachmodelle der

Gewerke angeordnet. Eine mögliche daraus resultierende Modell- und Projektstruktur ist in Bild 4 dargestellt.

Durch die Aufteilung des Modells und die Zuweisung klarer Verantwortlichkeiten verwaltet jede Planungsdomäne das Modell ihrer eigenen Daten selbst und bearbeitet diese, hat aber über das zentrale Modell Zugriff auf den Planungsstand der anderen Beteiligten. Dazu werden die Modelle über die Hierarchiestufen referenziert, bis das Gesamtkoordinationsmodell entsteht, das alle Informationen enthält. Dieses wiederum dient den Fachmodellen als Grundlage (Referenz) für ihre eigene Modellierungsarbeit. Die verschiedenen Gewerke und Zuständigkeiten können durch unterschiedliche Rollen/Personen über Organisationsgrenzen hinweg wahrgenommen werden. So kann beispielsweise die Planung der Anlagen durch eine externe Fabrikplanung oder durch den späteren Betreiber durchgeführt werden (s. u.). In beiden Fällen werden die Informationen im Koordinationsmodell der Fabrikplanung aggregiert und dargestellt sowie über dieses Modell an das Gesamtkoordinationsmodell übergeben.

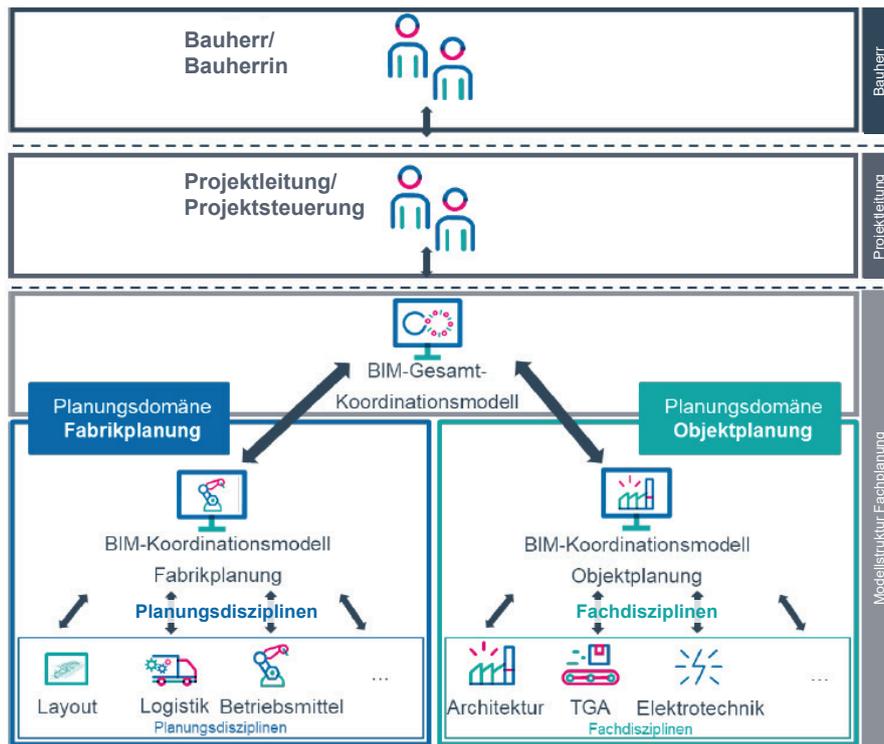


Bild 4. Modell- und Projektstruktur für die Integration der Fabrikplanung in BIM (Quelle: [1])

Durch die Erweiterung der BIM-Methodik auf die Fabrikplanung werden daher nicht nur die Gebäudeelemente, Außenanlagen sowie die technische Gebäudeausrüstung etc. parametrisiert, sondern auch die Betriebsmittel mit den für die Fabrikplanung und den Betrieb notwendigen Informationen. Die beschriebene Unterteilung in ein Fabrikplanungsmodell und ein Objektplanungsmodell unterstützt dabei die Unterscheidung von zwei Arten von Parametern:

- zum einen Informationen der Fabrikplanung, die als Anforderung an die Gebäudestruktur verstanden werden können (Medienanforderungen, notwendige Lasten, VC-Anforderungen etc.)
- zum anderen Informationen der Objektplanung, die als Realisierungsplanung im Sinne einer Reaktion auf die Anforderungen der Fabrikplanung verstanden werden können (Medienanschlüsse und -leistungen, statische und dynamische Lastgrenzen etc.)

Bei dieser Form der Zusammenarbeit stellt die Kommunikation von modellierten geometrischen und alphanumerischen Informationen über IFC und Koordinationsmodell eine eindeutige Formulierung von Anforderungen sowie eine anschließende Verifikation dar (Bild 5).

Bei der Arbeit in Fabrikplanungsprojekten und der Kommunikation von Anforderungen über IFC wird die objektbezogene Modellierung von Fabrik- und

Gebäudeelementen als zentrales Medium genutzt. Die folgende Beschreibung geht davon aus, dass die Zieldefinition durch Fabrikplanung erfolgt und anschließend ein gemeinsamer Projektstart der Fabrikplanung und Objektplanung mit übergreifenden Zieldefinitionen stattfindet. (vgl. VDI 5200 Blatt 1). Die vollständige Fallunterscheidung nach anderen Konstellationen sowie Projektschwerpunkt (architektonisches Konzept/bürolastiger Forschungs- oder Verwaltungsstandort bzw. industrielle Produktion/Produktionsstandort) findet sich in [1].

Die Fabrikplanung erstellt im ersten Schritt ein Modell der zukünftigen Produktion (siehe Bild 5). Ausgehend von der Prozessplanung wird das Gesamtkonzept der Fabrik abgeleitet und anschließend modelliert. Die Daten der Modellierung werden dazu im Fabrikplanungsprozess erhoben. Hierzu bietet es sich beispielsweise an, dass ein menschenlesbares und universelles Datenformat, wie .csv oder .xls, genutzt wird. In dieser Form können die Werte einzelner, planungsrelevanter Parametersätze aus dem BIM exportiert und flexibel auch von Beteiligten außerhalb des BIM-Prozesses bearbeitet werden. Wesentlich ist dabei die unmittelbare Rückführung per Import, bei dem die Werte der entsprechenden BIM-Parameter aktualisiert werden. Somit bleibt das BIM stets die „single source of truth“ der Ressourcen für die Kommunikation im Projekt zwischen den verschiedenen Domänen.

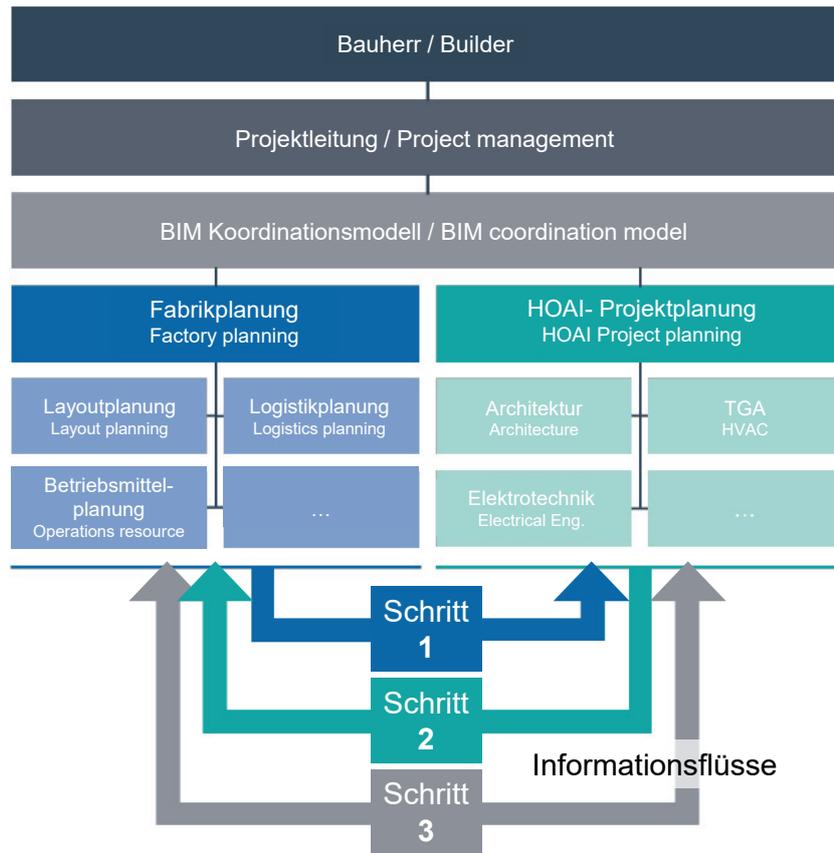


Bild 5. Formulierung und Überprüfung der Anforderungen durch IFC und Koordinierungsmodell (Quelle: [1])

Es bietet jedoch auch z.B. die Möglichkeit, Verantwortliche außerhalb des BIM-Teams, z.B. Führungskräfte, zur Kontrolle und Freigabe der Anforderungen einzubinden. Auch kann z.B. die Betriebsmittelplanung (Betriebsmittelliste/Ausrüstungsliste o.Ä.) durch den zu planenden Betrieb selbst vorgenommen werden, ohne dass dieser selbst BIM-fähig sein muss.

Das Modell enthält in der Folge das Fabrik- bzw. Produktionslayout, die Elemente der Logistik sowie die Betriebsmittel. Alle diese Objekte sind entsprechend parametrisiert und können im Zuge der Gebäudemodellierung ausgewertet werden (Schritt 1). Die Objektplanung liest diese Informationen ein und modelliert die Gebäudestruktur entsprechend den Anforderungen der Fabrikplanung. Dieses Modell wird der Fabrikplanung zur Verfügung gestellt und ist als Realisierungsvorschlag im Sinne einer Antwort zu verstehen (Schritt 2). Diese Schritte werden sowohl im Zuge der Grundlagenermittlung als auch der Konzeptplanung bzw. des Vorentwurfs durchgeführt. Beim Übergang zur Detail- oder Entwurfsplanung wird das Modell iterativ erweitert und angepasst. Im Laufe der Planungsphasen werden geometrische und nicht geometrische Kollisionsprüfungen entsprechend LOC (vgl. Tabelle 4) durchgeführt (Schritt 3): Die modellierten Infor-

mationen werden von der Gegenseite auf Plausibilität geprüft und mit der eigenen Planung verglichen. Auf diese Weise werden Planungsfehler reduziert und die Gestaltung der Fabrik wird frühzeitig ganzheitlich betrachtet.

Dies soll an folgendem Anwendungsbeispiel der Traglasten verdeutlicht werden.

Beispiel

Durch die **Fabrikplanung** wird die Masse des Betriebsmittels (notwendige Flächen-, gegebenenfalls auch notwendige Punktlast) sowie dessen Schwingungseintrag im Betriebszustand oder auch eine VC-Anforderung als alphanumerische Information hinterlegt (Schritt 1). Dieser Ausgangsparametersatz kann als „Pflichtenheft“ der Fabrikplanung im Hinblick auf die von der Bauplanung zu realisierenden Anforderungen verstanden werden. Die Konstruktionsplanung bestimmt die statische Grundanalyse im Vorentwurf. Die Informationen über die mögliche statische und dynamische Lastaufnahme spiegeln sich in entsprechenden Parametern der Struktur wider und werden der Werkplanung als Modell zur Verfügung gestellt (Schritt 2). Die Fabrikplanung prüft, ob der Lasteintrag höher ist als die Lasteintragsvorgabe oder ob die notwendige VC-Anforderung erfüllt wird.

Die **geometrische Kollisionsprüfung** läuft in gleicher Weise ab, allerdings bezieht sich diese Prüfung z.B. auf lichte Höhen und Breiten und beinhaltet auch die Prüfung mit Hüllkurven oder Kollisionsbereichen von beweg-

lichen Elementen wie Fördertechnik oder Sprinklerschatten. Sowohl die Kollisionsprüfung mit geometrischen als auch mit nicht geometrischen Informationen basiert auf einem eindeutigen Datenmodell und vermeidet so Fehler in der Kommunikation.

Gleiches gilt auch für **weitere Parameter**, die eine Realisierung durch die Objektplanung erfordern, wie allgemeine Medienbedarfe oder spezifischere Anforderungen, z.B. Reinraumbedingungen oder Bekranung.

Vor diesem Hintergrund sieht sich BIM in der Fabrikplanung einer deutlich heterogeneren Datenlage gegenüber, als dies in konventionellen BIM-Projekten der Fall ist. Schließlich müssen digitale Informationen aus mehreren Domänen spezifisch koordiniert werden. Entsprechende Standardisierungen, wie IFC-Klassen für die Fabrikelemente, fehlen noch. Resultierend daraus ergibt sich die Notwendigkeit einer standardisierten Erfassung und Kommunikation der Informationen.

Um dennoch zumindest Objekte der Fabrik im Bauwerksinformationsmodell nutzen zu können, wäre eine Übersetzung/ein Mapping der Fabrikobjekte in/auf Objekte des Bauwerksmodells von Nöten. Gleiches gilt in umgekehrter Richtung, also bei der Nutzung von Bauwerksmodellen in digitalen Fabrikmodellen. Aktuelle Standards decken dies jedoch nicht im erforderlichen Maße ab. Daraus folgt die Notwendigkeit, einen kleinsten gemeinsamen Nenner für die Kompatibilität der Modelle projektspezifisch zu vereinbaren. Hilfreich ist dazu in der Praxis der sogenannte Level of Detail (LoD), eine

im BIM etablierte Skala zur Beschreibung des Informationsgehalts eines Objekts. Hierbei sollte in geometrische und alphanumerische Informationen differenziert werden. Der LoD nimmt mit der Projektdauer zu und repräsentiert damit sowohl den Erkenntnisstand als auch den Umfang der validen Modelldaten. Zusätzlich ist es wichtig, Meilensteine zu definieren, die mit entsprechenden Level of Development (LOD) hinterlegt sind, damit für alle Planungsbeteiligten klar ist, wann welche Informationen an das Projekt geliefert werden müssen (Output), aber auch, welche Informationen zu welchem Zeitpunkt als eigene Eingangsgröße (Input) geliefert werden, um die eigene Planung darauf aufzubauen. Diese Meilensteine sind mit den Fabrikplanungs- sowie den Leistungsphasen abzustimmen, um eine effiziente Kommunikation über den Status der Modelle und damit des Projekts zu gewährleisten.

Um die Kommunikation der Informationen zu den LODs strukturiert aufzubauen, ist eine entsprechende Einordnung des In- und Outputs zu den notwendig. Durch diese Einordnung kann zwischen den Projektbeteiligten eine effiziente Kommunikation über den Status der Projekte gewährleistet werden.

Diese LODs müssen projektspezifisch definiert werden. Für die Fabrikplanung bietet es sich daher an, eine analoge Vorgehensweise zur Objektplanung in BIM zu wählen (siehe Bild 6 und Tabelle 4).

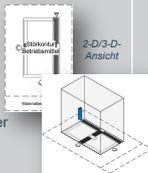
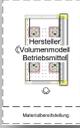
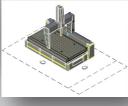
HOAI		LP1	LP2	Leistungsphase 3		LP4	LP5	LP6	LP7	LP8	LP9
VDI 5200		Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4		Phase 5		Phase 6	Phase 7	
		LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400	LOD 500					
Layout	Level of Geometry (LoG)										
	Level of Information (LoI)	<ul style="list-style-type: none"> Blocklayout zur Gebäudestruktur mit Grundfläche und Namen 	<ul style="list-style-type: none"> Blocklayout zur Bereichsstruktur mit Grundfläche und Namen ... 	<ul style="list-style-type: none"> Blocklayout zur Betriebsmittelstruktur mit Grundfläche und Namen Höhenangaben Wartungs- und Bedienflächen Medienbedarfe ... 	<ul style="list-style-type: none"> Gleichzeitigkeitsfaktor der Betriebsmittel Ansprechpartner der Maschinenplanung Typenbezeichnung ... 	<ul style="list-style-type: none"> Aufstellort Wartungsintervalle Verantwortlichkeit Maschinennummer ... 					
Betriebsmittel	Level of Geometry (LoG)	Grob <ul style="list-style-type: none"> grobe Abmessungen der Produktionsfläche über parametrischen Volumenkörper 	Mittel <ul style="list-style-type: none"> maximale Abmessungen der Maschinengrundfläche und benötigte Freiflächen über parametrischen Volumenkörper und Linien 2-D-Grundrisse vom Hersteller 	Fein <ul style="list-style-type: none"> nach Bedarf: Volumenmodell Hersteller Medienanschlusspunkte  							
	Level of Information (LoI)	<ul style="list-style-type: none"> Angaben zur Identifikation und grundlegende Informationen, wie nötige Lasten und Materialien 	<ul style="list-style-type: none"> Herstellerangaben für Installation und Betrieb (Gewicht, Medienbedarfe usw.) 	<ul style="list-style-type: none"> nutzerspezifische Maschinenangaben (Inventarnummer, Kostenstelle, Betreiber usw.) Details für Medienanschlussplanung Weitere Parameter möglich (z.B. notw. Investition, Umzugsaufwand sofern zutreffend) Im Projektfortschritt auch Ausführungsdetails möglich 							

Bild 6. Modellierung von Fabrikobjekten in Bezug auf das LOD (Quelle: [1])

Tabelle 4. Beispielhafte Übersicht der LOD der Fabrikplanung nach Phasenmodell VDI 5200 und HOAI (Quelle: Ingenics AG)

VDI 5200		Modellelemente Fachmodelle		
Phase/Meilenstein	Fabrik-/Einrichtungsplanung	LOG	LOI	LOC
LOD 010				
PH 1 Grundlagenermittlung	LOD 010	LOG 010	LOI 010	LOC 010
Modelldetailierungsgrad	Fachmodell erster Konzeptstände sowie flächenmaßstäbliches Funktionsschema			
Ergebnis des modellbasierten Arbeitens	Entspricht dem projektspezifischer BAP und Erfassung Datengrundlagen (z.B. Bestandsmodell). Strukturierung und Erstellung BIM-Modell und Betriebsmittel-Objekt.	2-D-Fächenshapes	Flächenkennwerte Struktur der BeMi-Parameter	Noch keine Kollisionsprüfung sinnvoll (nur Berücksichtigung gegebenenfalls gegebener Raumkubatur)
LOD 100				
PH 2 Vorplanung	LOD 100	LOG 100	LOI 100	LOC 100
Modelldetailierungsgrad	Fachmodell potentieller Produktionstechnik ("Installationsräume") 3-D-Fächenshapes, Verwaltung von BeMi-Parametern			
Ergebnis des modellbasierten Arbeitens	Fachmodell mit Vorzugsvariante des Reallayouts inkl. Dimensionierung, Strukturierung, Material- und Informationsflusskonzept (Störkonturmodell) sowie Abstimmung benötigter Einbringungswege	3-D-BeMi-Shapes, Abmaße beinhalten Flächenauslässe für Anstellflächen und Logistik	Befüllung von BeMi-Parametern Sobald verfügbar: Inventarnummer als Primärschlüssel	Kollisionsprüfungen finden im erforderlichen Umfang statt. Im Fokus steht die geometrische Prüfung von Installationsräumen ("Blöcken") auf Überschneidungsfreiheit*. Somit wird sichergestellt, dass jede Planungsdisziplin im zugewiesenen Bereich plant. Im Falle der Fabrikplanung findet dadurch die Raumbestimmung und -absicherung der Produktionsfunktion statt. * Bei komplexen Installationsräumen, sind verschaltete Geometrien zur Prüfung nicht auszuschließen. Aufgrund eventueller, technischer Restriktionen ist daher eine Überschneidung bei Durchführung einer Einzelfallprüfung gegebenenfalls zulässig. Eine "informatrische Kollisionsprüfung" ist meist noch nicht sinnvoll darstellbar.
LOD 200				
PH 3 Entwurfsplanung	LOD 200	LOG 200	LOI 200	LOC 200
Modelldetailierungsgrad	Fachmodell mit Detaillayout inkl. Wegeführung (Schnittstelle Brandschutz/ARC), sowie BeMi-Shapes mit Detaillierung von Anstellflächen, Wartungs- und Bewegungsflächen Vollständige BeMi-Parameter			
Ergebnis des modellbasierten Arbeitens	Fachmodell als grobes 3-D-Datenmodell mit der für die LPH entsprechenden Informationen für die Objektplanung	3-D-Shapes mit detaillierter Flächenausweisung Abmaße entsprechen den Betriebsmitteln	Parameterliste als vollständige Grundlage der TGA-Planung	Kollisionsprüfungen finden im erforderlichen Umfang in projektspezifischer Regelmäßigkeit statt. Für die geometrische Kollisionsprüfung werden Funktionsräume gegeneinander geprüft. Diese stellen eine Teilmenge der Installationsräume dar*. Im Fall der Fabrikplanung sind dies etwa Betriebsmittel, Logistikräume, Materialanstellbereiche und insbesondere auch Einbringungsbereiche. Objektplanungsseitig werden meist spezifische Bauteile geprüft, etwa Trassen oder Medienanschlüsse. Realisierung von VC- und NC-Klassen, EX-Zonen, Raumklima (Temperatur, Feuchtigkeit, Luftwechselrate) oder auch Reinraumklassen. Ebenso erfolgt eine Qualitätsprüfung hinsichtlich der Brandschutzanforderungen wie Fluchtwegbreiten und -längen** zur Vorbereitung der brandschutzrechtlichen Genehmigung. * In Einzelfall können Funktionsräume über den zugehörigen Installationsraum hinausgehen. Dies ist insb. der Fall, wenn prozessuale Anforderungen eine zeitweise Belegung "fremder" Installationsräume erfordern (bspw. Kennzeichnung von Einbringungskorridoren - Rückbaubarkeit von Wänden) ** Eine Prüfung der ASR findet nicht durch eine Kollisionsprüfung, sondern intern innerhalb des Fabrikplanungsmodells statt.
LOD 300				
PH 4 Genehmigungsplanung	LOD 300	LOG 300	LOI 300	LOC 300
Modelldetailierungsgrad	Weitere Visualisierung (3-D-Planung) Anschlusstypen (Stecker,...), sowie Materialflussinformationen Komplette BeMi-Parameter			
Ergebnis des modellbasierten Arbeitens	Integriertes, qualitätsgesichertes und bereinigtes 3-D-Datenmodell, aus dem der Informationstiefe der LPH entsprechend 2-D-Genehmigungszeichnungen und weitere Vorlagen zur Abstimmung mit anderen Gewerken und BR/AS/BS generiert werden.	Wie LOG 200 jedoch gegebenenfalls erweitert um 3-D-Modelle einzelner Betriebsmittel (3-D-Hüllkörper zur Visualisierung, nicht Konstruktionsmodell)	Wie LOI 200 jedoch erweitert um Details zur Anschlussplanung Parameterliste ergänzt um Parameter (z.B. Investplanung, Umzugsplanung)	Wie LOC 200 jedoch: Kollisionsprüfungen finden im erforderlichen Umfang punktuell statt. Fokus liegt auf der Prüfung von notwendigen Anpassungen, die durch das Änderungsmanagement eingeflossen sind. Ferner werden im Planungsprozess final detaillierte Angaben wie notwendige Beleuchtungsstärken ggü dem Lichtkonzept geprüft. Vor Einreichung des Antrags auf Baugenehmigung findet ein finaler Check aller geometrischen und informatrischen Parameter statt.
LOD 400				
PH 5 Ausführungsplanung	LOD 400	LOG 400	LOI 400	LOC 400
Modelldetailierungsgrad	Detailliertes 3-D-Modell Abgestimmtes Feinlayout der Fabrik (in Abstimmung mit Ausführungsplänen des Gebäudes) Vorlage aller notwendigen Informationen für Genehmigungsanträge BeMi-Parameter final mit TGA-Planung abgestimmt			
Ergebnis des modellbasierten Arbeitens	Integriertes, qualitätsgesichertes und bereinigtes Fachmodell als Ausgangsbasis für nachfolgende LPH, aus dem der Informationstiefe der LPH entsprechend 2-D/3-D-Ausführungszeichnungen für die Anschlussplanung sowie Umzugs- oder Einzugplanung generiert werden. Es dient als Grundlage zur Fortschreibung der Ausführungsplanung aufgrund der gewerkeorientierten Bearbeitung während der Realisierung und zur Erstellung der Ausstellungspläne.	Wie LOG 300 jedoch gegebenenfalls vollständiges 3-D-Modell (3-D-Hüllkörper zur Visualisierung, nicht Konstruktionsmodell)	Wie LOI 300 jedoch entsprechende Ausführungsdetails	Wie LOC 300 jedoch: Kollisionsprüfungen finden im erforderlichen Umfang punktuell statt. Fokus liegt auf der Prüfung von notwendigen Anpassungen, die durch das Änderungsmanagement eingeflossen sind. Weitere punktuelle Prüfungen finden bei Festlegung von Materialität und konkreten Produkten durch die Objektplanung statt, um Auswirkungen durch detaillierte Maße abschätzen und Kollisionen ausschließen zu können.
LOD 500				
PH 6 Vorbereitung Vergabe	LOD 500	LOG 500	LOI 500	LOC 500
Modelldetailierungsgrad	as planned			
Ergebnis des modellbasierten Arbeitens		Wie LOG 400, kontinuierlich gepflegt und aktualisiert	Wie LOI 400, kontinuierlich gepflegt und aktualisiert	Wie LOC 400, Kollisionsprüfungen finden im erforderlichen Umfang mit Fokus auf das Änderungsmanagement punktuell statt.
LOD 510				
PH 7 Mitwirken bei Vergabe	LOD 510	LOG 510	LOI 510	LOC 510
Modelldetailierungsgrad	as planned			
Ergebnis des modellbasierten Arbeitens		Wie LOG 400, kontinuierlich gepflegt und aktualisiert	Wie LOI 400, kontinuierlich gepflegt und aktualisiert	Wie LOC 400, Kollisionsprüfungen finden im erforderlichen Umfang mit Fokus auf das Änderungsmanagement punktuell statt.
LOD 520				
PH 8 OÜ und Doku	LOD 520	LOG 520	LOI 520	LOC 520
Modelldetailierungsgrad	as built			
Ergebnis des modellbasierten Arbeitens		Wie LOG 510, kontinuierlich gepflegt und aktualisiert	Wie LOI 510, kontinuierlich gepflegt und aktualisiert	Wie LOC 510, Kollisionsprüfungen finden im erforderlichen Umfang mit Fokus auf das Änderungsmanagement punktuell statt.
LOD 520				
PH 8 OÜ und Doku	LOD 520	LOG 520	LOI 520	LOC 520
Modelldetailierungsgrad	as built			
Ergebnis des modellbasierten Arbeitens		Wie LOG 510, kontinuierlich gepflegt und aktualisiert	Wie LOI 510, kontinuierlich gepflegt und aktualisiert	Wie LOC 510, Kollisionsprüfungen finden im erforderlichen Umfang mit Fokus auf das Änderungsmanagement punktuell statt.
LOD 520				
PH 9 - Objektbetreuung	LOD 520	LOG 520	LOI 520	LOC 520
Modelldetailierungsgrad	as built			
Ergebnis des modellbasierten Arbeitens		Wie LOG 520, kontinuierlich gepflegt und aktualisiert	Wie LOI 520, kontinuierlich gepflegt und aktualisiert	Wie LOC 520, Kollisionsprüfungen finden im erforderlichen Umfang mit Fokus auf das Änderungsmanagement punktuell statt.
LOD 520				
PH 9 - Gebäudebetrieb	LOD 520	LOG 520	LOI 520	LOC 520
Modelldetailierungsgrad	as built			
Ergebnis des modellbasierten Arbeitens		Wie LOG 520, kontinuierlich gepflegt und aktualisiert	Wie LOI 520, kontinuierlich gepflegt und aktualisiert	Wie LOC 520, Kollisionsprüfungen finden im erforderlichen Umfang mit Fokus auf das Änderungsmanagement punktuell statt.

Die beschriebene Aufteilung entspricht der derzeit bereits in Projekten umgesetzten Vorgehensweise. Hierbei ist zu beachten, dass nicht in jeden Projekt LODs über 300 benötigt werden. Hier können projektspezifische Abstimmungen im BAP getroffen werden.

Ferner gilt zu beachten, dass hohe LoGs auch hohe Anforderung an die Datenverarbeitung und damit an die IT-Systeme stellen. Gegenwärtig in Unternehmen verbreitete Standard-Hardware ist üblicherweise nicht in der Lage, komplette Fabriken in hohen LoGs in Echtzeit darzustellen. Hieraus folgt die praktische Anforderung, sehr hohe LoGs nur für

Teilmodelle zu nutzen, wie sie in Ausführungs- bzw. Werkplänen typisch sind. Umfangreichere Modelle der Fabrik können dann in einem geringeren LoG gehalten werden.

Die für die Anordnung und Einbringung der Fabrikausrüstung und ihre Einbindung ins Gebäude notwendigen Informationen sollten durch entsprechend attribuierte geometrische Ersatzkörper (als Funktionsräume z.B. für Einbringung, Wartung/Instandhaltung, Bedienung) abstrahiert werden. Diese sind ebenfalls entsprechend LOD geometrisch zu verfeinern und mit Informationen anzureichern (vgl. Bild 7).

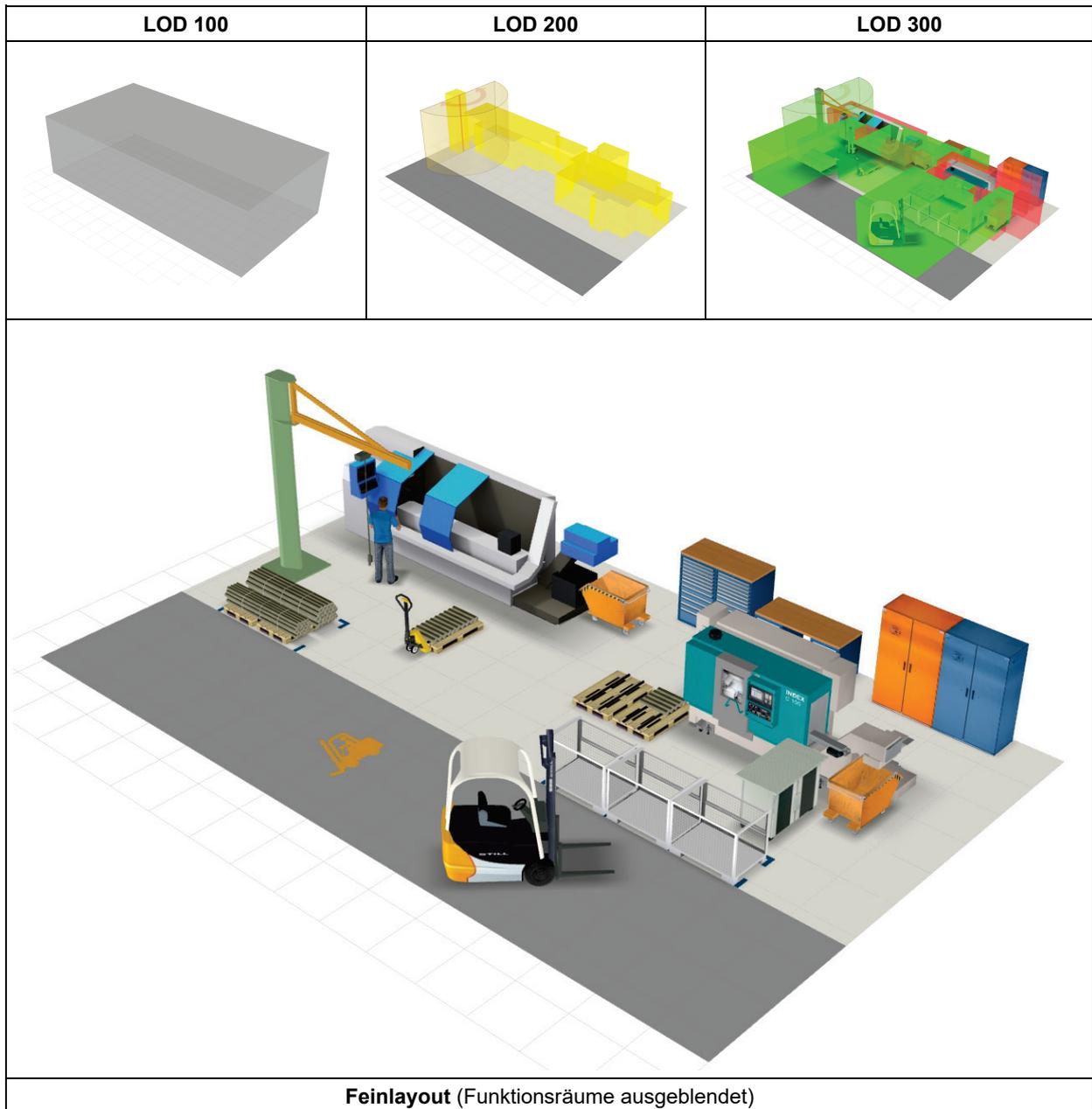


Bild 7. Ausprägungsbeispiel für den LOD über die Planungsphasen einer Fertigungsinsel im Fachmodell Fabrikplanung (oben) im Vergleich zum Feinlayout (unten)

Im LOD 100 sind zunächst nur die Störkubaturen zur Koordination der Planungsdomänen (LOC) dargestellt. Hier ist der Installationsraum für mehrere Betriebsmittel (Raumbestimmung und -absicherung der Produktionsfunktion, *hier*: Fertigungsplatzgruppe) abgebildet. Überschneidungen mit anderen Installationsräumen oder Elementen der Objektplanung, z.B. Trassen, sind in diesem Planungsstand nicht zulässig (gegebenenfalls Einzelfallprüfung, vgl. Tabelle 4 – LOC 100).

Die Darstellung des LOD 200 zeigt einen Funktionsraum als Teilmenge des Installationsraums. Funktionsräume umfassen Belegungsräume, Öffnungswinkel und Bewegungsräume. Ein Eintauchen von Elementen, insbesondere Bauteilen der Objektplanung, in diese Funktionsräume ist nicht zulässig. Zu diesem Planungsstand darf jedoch eine Überschneidung mit Installationsräumen etwa zum Zweck der Medienanschlussplanung stattfinden (LOC 200).

Im LOD 300 werden Bereiche der Logistik ebenfalls als Funktionsräume dargestellt (LOD 300). Dies erfolgt durch sukzessive Detailierung der Planung und Festlegung weiterer Funktionsräume z.B. im Zuge der Planung und Auslegung der Transportmittel (z.B. Entscheidung Stapler oder Handhubwagen) als Pendant zur Bauteilfestlegung der Objektplanung.

Die finale Visualisierung des Feinlayouts als Ergebnispräsentation (außerhalb des BIM-Prozesses) erfolgt ohne Darstellung von Installations- oder Funktionsräumen.

5.6 Planungseteiligte/Rollen

Im Kontext eines BIM-Fabrikplanungsprojekts ist ein besonderes Augenmerk auf die einzelnen Rollen zu richten, da im Vergleich zu konventionellen BIM-Projekten eine erhöhte Komplexität vorherrscht. Die Komplexität der Planung resultiert grundsätzlich aus der Vielzahl an unterschiedlichen Planungsbeteiligten, die aus ganz verschiedenen Disziplinen stammen. Diese ist durch die inhomogenen Perspektiven auf den Planungsgegenstand, von Produktionsplanern und -planerinnen mit dem Fokus auf die Fertigungs- und Montageprozesse bis hin zu Bauingenieuren und -ingenieurinnen mit der Sicht auf das Fabrikgebäude (beispielsweise das Tragwerk) gekennzeichnet. Generell bringt der Einsatz der BIM-Methodik darüber hinaus spezifische BIM-Rollen mit sich die ebenfalls Berücksichtigung finden müssen.

Zunächst werden im Folgenden dementsprechend die verschiedenen BIM-Rollen definiert:

- BIM-Manager/BIM-Managerin
- BIM-Gesamtkoordination

- BIM-Koordination
- BIM-Autor/BIM-Autorin und
- Informationslieferant/-lieferantin

Der **BIM-Manager** bzw. die **BIM-Managerin** fokussiert sich auf die konkrete BIM-Abwicklung auf Projektebene und die Erreichung der strategischen, projektspezifischen Ziele des Auftraggebers (AG), die im Rahmen eines BIM-Projekts in den Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) festgelegt werden [2]. Auch als operative(r) BIM-Manager(in) bezeichnet, kümmert sich diese(r) um die aktive Steuerung der Umsetzung der definierten Projektstandards und fungiert als zentrale Ansprechperson aller Projektbeteiligten hinsichtlich der BIM-Umsetzung im Projekt. Zu einer der wichtigsten Aufgaben zählt die Festlegung von notwendigen Arbeitsabläufen zum Managen der digitalen Projektabwicklung und Ausführung unter Beachtung der definierten Regeln und Standards.[3] Das BIM-Rollenbild setzt dabei Kenntnisse aus verschiedenen Tätigkeitsbereichen und somit Kompetenzen und Erfahrungen unter anderem in der Bauausführung, Digitalisierung und im Projektmanagement voraus.

Die **BIM-Gesamtkoordination** ist für die übergeordnete Koordination der Informationslieferung im Projekt zuständig. Das heißt, dass diese sich um den fachübergreifenden Datenaustausch und die termingerechte Lieferung aller Fachmodelle zu den vereinbarten Lieferterminen (sogenannte „Data Drops“) kümmert, die im BIM-Abwicklungsplan (BAP) definiert werden [1]. Das alleinige Ziel dieser Rolle ist die formale Anpassung und Auswertbarkeit von Informationen zur Unterstützung der Projektplanung. Unter den Verantwortungsbereich fallen vorwiegend die Organisation und Durchführung der modellbasierten Kollisions- und Regelprüfung zur Wahrung geforderter Qualitäten. Diese Rolle muss nicht zwingend von einem außenstehenden Dritten durchgeführt werden, sondern kann auch von Objekt- oder Fachplanern/-planerinnen übernommen werden [2].

Die **BIM-Koordination** fungiert als auftragnehmerseitige Vertretung der einzelnen Fachdisziplinen. Innerhalb des Fachbereichs ist sie für die interne Koordination der digitalen Projektabwicklung und Überprüfung der Einhaltung der vertraglich vereinbarten Projektanforderungen und Modellierungsvorgaben und demnach die Umsetzung des BAP zuständig [2]. Zusammenfassend sind laut VDI 2552 Blatt 1 die BIM-Koordinatoren und -Kordinatorinnen diejenigen, „die im Rahmen des Wertschöpfungsprozesses für die operative Umsetzung der BIM-Ziele über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks verantwortlich sind.“ In ihren

Tätigkeitsbereich fällt die rechtzeitige Zurverfügungstellung des Fachmodells in der geforderten Informationstiefe zu den festgelegten Data Drops (definierte Zeitpunkte, zu denen Daten zwischen den Beteiligten ausgetauscht werden sollen) [6]. Für die Ausführung der Leistungen sollten ausreichende Kenntnisse im Managementbereich vorliegen, um die Modellüberwachung und -koordination zu bewerkstelligen [7].

Beim **BIM-Autor**/bei der **BIM-Autorin** handelt es sich um eine technische Rolle auf Auftragnehmerseite. Dabei wird der bisherigen Leistungsumfang von Planern/Planerinnen und bauausführenden Unternehmen um zusätzliche Planungs- und Dokumentationsaufgaben, wie der Mehraufwand für die generelle Erzeugung der Bauwerksinformationsmodellen nach vereinbarten Standards samt Attribuierung nicht geometrischer Informationen, erweitert (siehe VDI 2552 Blatt 1; [7]). Dementsprechend ist ein BIM-Autor/eine BIM-Autorin das Projektmitglied, das das Datenmodell über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks bearbeitet (siehe VDI 2552 Blatt 2).

Darüber hinaus ist in der Praxis verbreitet, dass eine Fachdisziplin gegebenenfalls kein Bauwerkinformationsmodell liefern kann, da z.B. Kompetenzen fehlen oder die zu erbringenden Leistungen, wie gutachterliche Leistungen, dies nicht direkt erfordern. Diese Projektbeteiligten liefern dann nach Abstimmung Informationen, wie Daten in verschiedenen Dateiformaten, die nach Erfordernis in das BIM-Modell implementiert werden können, und werden als sogenannte **Informationslieferanten/-lieferantinnen** bezeichnet.

Der Aufbau der **Projektorganisation** sowie die erforderlichen BIM-Rollen unterscheiden sich je nach Art und Umfang des Vorhabens und müssen demnach für jedes Projekt individuell festgelegt werden. Einige Parameter, die Einfluss auf die organisatorischen Strukturen haben, sind z.B. die Projektgröße, die gewünschten Anwendungsfälle, die BIM-Erfahrung der Projektbeteiligten, organisatorische Rahmenbedingungen sowie die beauftragten Leistungsphasen bzw. Planungsphasen [4; 5]. Ein organisatorischer Aufbau wird in Bild 8 exemplarisch dargestellt, wobei die BIM-Rollen durch unterschiedliche Akteure/Akteurinnen übernommen werden können,

gegebenenfalls als Vergabepakete zusammengefasst werden oder, wenn keine Notwendigkeit besteht, komplett entfallen. Im Sinne der Gesamtzielstellung für das Projekt sollte die Projektleitung durch die Planungsdomäne *Fabrikplanung* besetzt sein.

In Tabelle 5 werden darauf aufbauend die fabrikplanungsspezifischen Rollen kurz erläutert und in Bezug auf deren Rollen im BIM-Prozess, benötigte Daten aus dem BIM-Modell sowie Möglichkeiten der Nutzung eines BIM-Modells eingeordnet.

In diesem Zusammenhang ist es von elementarer Bedeutung das jeweilige Projekt hinsichtlich der Projektgröße, Komplexität sowie des Umfangs individuell zu gestalten und entsprechende Rahmenbedingungen zu schaffen. So sollten die Rollen, Aufgaben sowie Verantwortlichkeiten in Verbindung mit den Nutzungsmöglichkeiten im BIM-Prozess definiert und im Rahmen einer kollaborativen Zusammenarbeit kommuniziert werden. Um die mögliche Bandbreite im Kontext von Fabrikplanungsprojekten abzubilden, wird im Folgenden ein weiteres Beispiel für organisatorische Strukturen für kleinere und mittlere Projekte vorgestellt, die grundlegend auch mit dem in Bild 9 vorgestellten Ansatz kombiniert werden kann.

5.7 Schnittstellen zu anderen Planungsdisziplinen und zum Fabrikbetrieb

5.7.1 Datenaustausch im BIM-Kontext

5.7.1.1 Grundsätzliche Anforderungen

Der Gegenstandsbereich dieser Expertenempfehlung führt mindestens zwei Fachdisziplinen mit jeweils eigenen Modellierungsansätzen für den gleichen Teil der realen Welt zusammen. Zwischen den Modellen gibt es folglich Schnittmengen (siehe Bild 10). So werden beispielsweise in der Domäne *Fabrikplanung* die Gebäude als Subsysteme des Fabriksystems wahrgenommen, während in der Domäne *Bauwerksplanung* einige Elemente der Fabrik bzw. des Produktionssystems als Teile des Gebäudesystems gelten (z.B. Krananlagen, Lagersysteme, fest installierte Fördertechnik, Verkehrswege, Teile der Medienversorgung).

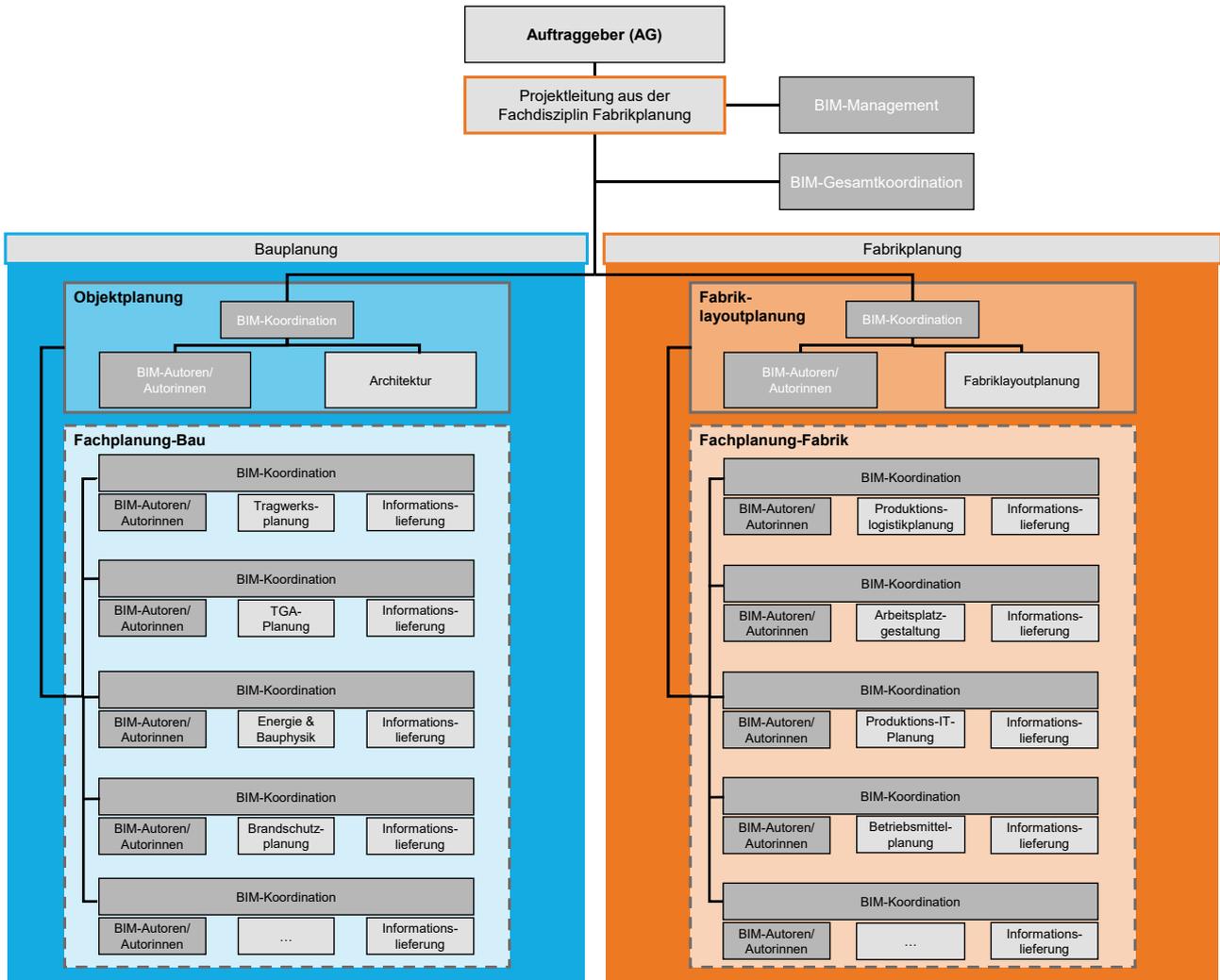


Bild 8. Beispielhafte Darstellung der organisatorischen Strukturen (in Anlehnung an VDI 2552 Blatt 1)

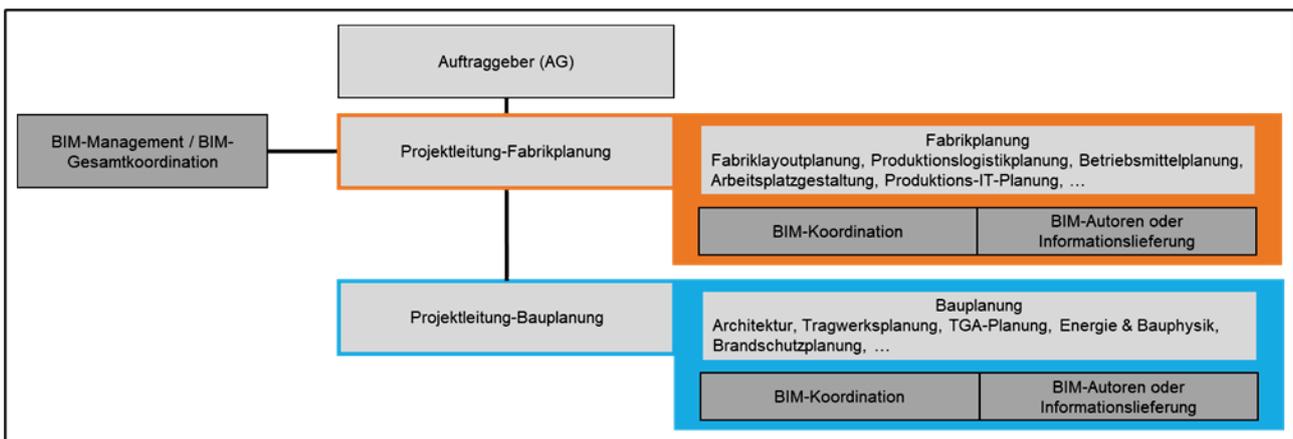


Bild 9. Beispielhafte Darstellung der organisatorischen Strukturen KMU

Tabelle 5. Übersicht Rollen

Rolle	Aufgaben	Rolle im BIM-Prozess	Beispiele Nutzung des BIM-Modells (Auszug)
Fabriklayoutplanung	definiert und plant das Fabriklayout im Sinne der Anordnung von Maschinen und Anlagen, Fahrwegen, Massenströmen etc.	arbeitet in der Regel räumlich und liefert Informationen für das BIM-Modell, z.B. <ul style="list-style-type: none"> • Feinlayout aller flächenrelevanten Betriebsmittel inkl. benötigter Zonen für die Sicherstellung der Betriebs- und Wartungsfähigkeit • detaillierte Planung der Produktions- und Logistikaflüsse im Layout • produktionsrelevante Planungsleistungen, wie die Definition der Anforderungen an die Medienversorgung, Kräne, Bohrpläne • produktionsnahe Sozial- und Verwaltungsbereiche (Arbeitsvorbereitung, Umkleiden etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Feinplanung des Layouts (genaue Positionierung aller flächenrelevanten Betriebsmittel) • Planung der benötigten Medienversorgung auf Basis Betriebsmittelpositionierung im Layout • Planung Einbringungs- und Ausbringungsmöglichkeiten für große Betriebsmittel • Sicherstellung Wartungsmöglichkeiten für Betriebsmittel (z.B. Zugänglichkeit Wartungsklappen und Schaltschränke) • Sicherstellung Betriebsfähigkeit der Betriebsmittel (z.B. Position Arbeitsräume und Bewegungszonen der Betriebsmittel im Layout)
Produktionslogistikplanung	definiert die Logistik im Sinne von Mengen, Ressourcen, Lagerstufen etc. (z.B. Gabelstapler)	arbeitet in der Regel räumlich und liefert Informationen für das BIM-Modell, z.B. <ul style="list-style-type: none"> • Quantität und Qualität der logistischen Betriebsmittel (Anzahl, Bedarfe an Ladeleistung) • Anforderungen an die sonstige Infrastruktur der Halle, z.B. Magnetführung für AGV o.Ä. • Anforderungen an Lagerbereiche Höhe, Traglasten etc. • Informationen zu den Logistikblöcken 	<ul style="list-style-type: none"> • Auslegung und Verortung von Lager-Equipment • Dimensionierung (Qualität und Anzahl der Logistikkittel) • Anforderungen an Staplerladestationen (Position und Bedarfe) • Abstimmung mit dem Brandschutzgutachter (Lagerhöhe, Quantitäten, Lagergut) • Definition spezifischer Anforderungen an das Gebäude, z.B. Kühlräume • Verfeinerung der Planung von Wegen und Flächen
Betriebsmittelplanung	definiert Betriebsmittel (Montage, Fertigungs- und Logistikkittel) mit Ihren Bedarfen und Eigenschaften	arbeitet in der Regel nicht räumlich, liefert lediglich Informationen für das BIM-Modell, z.B. <ul style="list-style-type: none"> • Anlagendaten • Geometrie • Medienbedarfe • Emissionen 	<ul style="list-style-type: none"> • Einplanung der Anlagen • Spezifikation der Anlagen gemäß vorhandenen der Restriktionen
Arbeitsplatzgestaltung	definiert Anforderungen an Arbeitsplätze	Arbeitet in der Regel räumlich und liefert Informationen für das BIM-Modell, z.B. <ul style="list-style-type: none"> • Detailpläne für die Arbeitsplätze • Optimierung der Medienanschlüsse, Flächenvorgaben etc. • Ergebnisse aus Tageslichtsimulationen 	<ul style="list-style-type: none"> • allgemeine Auslegung des Arbeitsplatzes • Positionierung von Maschinen, Werkbänken, Werkzeugen, Material etc. • grafische Abbildung und Validierung der Planung in VR, Nutzung der Ergebnisse für Studien/Simulationen • Abbildung der Arbeitsabläufe, z.B. Spaghetti-Diagramme • Bestimmung von Arbeits- und Bewegungsräumen • Kollisionsprüfung mit anderen Objekten
Produktions-IT-Planung	definiert Digitalisierungskonzept und plant Anbindung der Betriebsmittel an die zentrale Produktions-IT-Infrastruktur	arbeitet in der Regel nicht räumlich, liefert lediglich Informationen für das BIM-Modell, z.B. <ul style="list-style-type: none"> • Details zu IT-Hardware, Anschlusspunkte etc. • Trassenführung, Netzwerk-Infrastruktur 	<ul style="list-style-type: none"> • Einplanung der Anlagen • Spezifikation der Anlagen gemäß vorhandenen Restriktionen

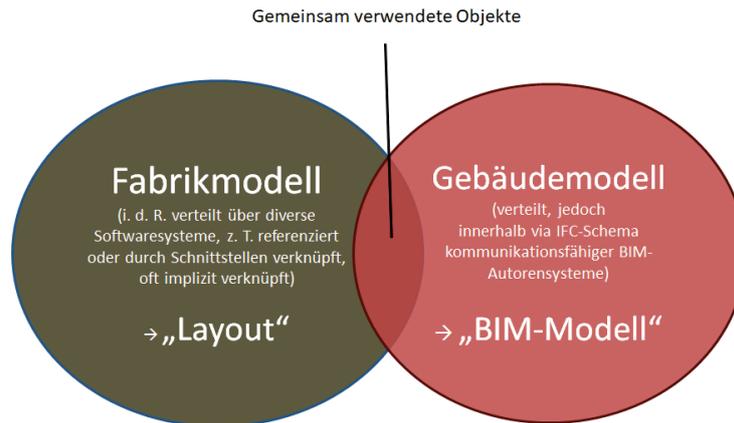


Bild 10. Überschneidung von digitalen Modellen im BIM-Kontext

Daraus resultiert allgemein die Notwendigkeit, die Schnittmengen sowohl in dem einen als auch in dem anderen domänenspezifischen Modell zu behandeln. Das gelingt speziell innerhalb BIM durch Abgrenzung in BIM-Fachmodelle. Diese sind kompatibel, da alle Fachmodelle auf das gleiche domänenspezifische Modell *Bauwerk* referenzieren und nur dieses kollaborativ verändert wird.

Im Anwendungsbereich dieser Expertenempfehlung sind jedoch die Modelle *Fabrik* und *Bauwerk* jeweils domänenspezifisch strukturiert. Die BIM-typische Kompatibilität ist insofern von Haus aus nicht gegeben. Damit wären Objekte der Schnittmenge zwischen Bauwerks- und Fabrikmodell in beiden Domänenmodellen vorhanden und somit doppelt.

Dies ist aus Sicht der Datenhaltung kein erstrebenswerter Zustand. Vielmehr ist eine gegenseitige Referenzierung zwischen den Domänenmodellen *Fabrik* und *Bauwerk* in der Art anzustreben, wie sie innerhalb BIM zwischen den Fachmodellen realisiert ist. Dabei verbleiben die Objekte im Modell einer Domäne und werden in der jeweils anderen lediglich als dort unveränderliche Sicht eingebunden. Daraus leiten sich folgende Empfehlungen ab:

- Für Fabrikplanungsaufgaben sind standardisierte transportierte Sichten des Bauwerksmodells im Fabrikmodell zu nutzen.
- Das Fabrikmodell selbst ist von Bauteilen des Bauwerks freizuhalten.
- Sollte das Domänenmodell einer Disziplin Objekte der jeweils anderen beinhalten, so sind diese Objekte nach einer im BIM-Projekt vereinbarten Form mit dem Ziel der gegenseitigen automatischen Erkennung zu attribuieren. Die verwendeten Softwaresysteme und gegebenenfalls deren Datenmodelle müssen es erlauben, diese Objekte im jeweils anderen Modell zu ignorieren.

5.7.1.2 Informationsaustausch mittels IFC-Standard

Softwaresysteme setzen ihre Funktionalitäten domänenspezifisch auf. Insofern muss davon ausgegangen werden, dass es kein Softwaresystem mit übergreifendem Datenmodell für den Gegenstandsbereich dieser Expertenempfehlung gibt. Darum sollte sich daran orientiert werden, dass jegliche Referenzierung zwischen Fabrik- und Bauwerksplanung über hersteller- und domänenneutrale Standards zu realisieren ist.

Aktuell steht Anwendern im BIM-Kontext die Nutzung des Standards DIN EN ISO 16739 (Industry Foundation Classes (IFC)) offen, der jedoch ausschließlich das Domänenmodell *Bauwerk* fokussiert und damit nicht domänenneutral ist. Damit einher geht das Problem, dass domänenfremde Objekte nicht dem IFC-Schema unterworfen werden können, ohne diesen ISO-Standard auf die betreffenden Domänen zu erweitern.

Diesem Spannungsfeld widmet sich die Richtlinienreihe VDI 5200 bezüglich der prozessualen Verknüpfung von Bauwerks- und Fabrikplanung. Die vorliegende Expertenempfehlung definiert daraus resultierende Anforderungen an den Datenaustausch zwischen den Domänen Fabrikplanung und Bauwerksplanung unter Nutzung der BIM-Methodik.

Bild 11 verdeutlicht, wie der IFC-Standard dabei einsetzbar ist. Demnach nutzen BIM-Autorensysteme sogenannte Model View Definitions (MVD), um Bauwerks-Informationen via IFC in ein Bauwerksinformationsmodell zu transportieren, das als Koordinationsmodell der am Bauprozess Beteiligten wirkt. Offen muss derzeit bleiben, inwieweit IFC auch zum Transport von Informationen aus dem Fabrikmodell in ein Bauwerksinformationsmodell erweitert werden kann oder sollte. Derzeit üblich ist lediglich, Bauwerksinformationen via IFC in wie auch immer geartete Computermodelle der Fabrik zu transportieren.

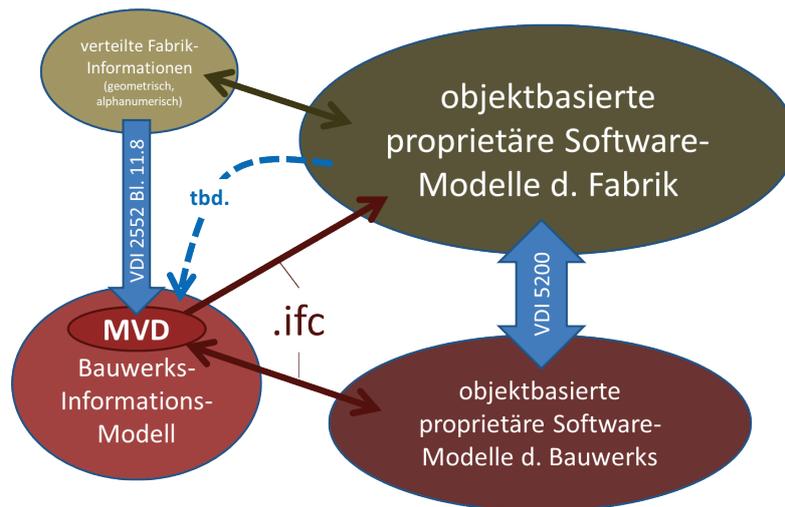


Bild 11. Einsatz und Entwicklungsbedarf des IFC-Standards beim Datenaustausch zwischen digitalen Modellen in der Fabrikplanung im Kontext von bestehenden VDI-Richtlinien

6 Ausblick

Die objektorientierte und modellbasierte Fabrikplanung mit BIM kann als konsequenter nächster Meilenstein der datengetriebenen Zusammenarbeit in Fabrikplanungsprojekten gesehen werden. Die konsistente Modellierung aller Informationen in BIM verbessert die Zusammenarbeit zwischen den Beteiligten, da der Informationsfluss eindeutig ist. Die Daten aller Beteiligten werden einem zentralen Modell folgend koordiniert, was eine redundanzfreie und konsistente Datenhaltung als „single source of truth“ ermöglicht. In diesem Zusammenhang wird in dieser Expertenempfehlung ein erster Vorschlag für die Detaillierung der Fabrikobjekte in den Planungsphasen gemacht und damit die formal-technische Zusammenarbeit in BIM mit der Fabrikplanung beschrieben.

Aktuelle Projekterfahrungen zeigen, dass die Industrie bereits interessiert ist, ein „Fabrikplanungs-BIM“ (das heißt ein Modell, in dem die Betriebsmittel der Fabrik gepflegt werden) zu nutzen. Die beiden Teilmodelle werden dann nach der Planungsphase von der Fabrik- bzw. Produktionsplanung (Operations) und dem Facility-Management (in der Planungsphase erstellt durch Objektplanung) gepflegt. Dieser Ansatz kann auch im „Retrofit“ durch die nachträgliche Erstellung eines BIM für das Brownfield auch im Bestand und nicht für den Neubau eingesetzt werden.

Diese Expertenempfehlung gibt einen ersten Überblick über den Themenbereich BIM-Fabrikplanung und die methodische Zusammenführung dieser beiden Arbeitsbereiche. Mit zunehmender Verbreitung des Themas ist die Überführung und Spezifizierung in Form einer VDI-Richtlinie zu forcieren.

Eine erste Untersetzung liefert diese Expertenempfehlung, in der der Anwendungsfall *Layoutplanung* detailliert beschrieben und mit entsprechenden Prozessmodellen ergänzt wird. Weitere Anwendungsfälle sollen ergänzt und in Richtlinienblättern gefasst werden.

Weiterhin ist die Standardisierung und Normierung der IFC-Klassen für Fabrikelemente anzustreben. Hierbei könnten die IFC Building Properties der Objektplanung als Vorbild dienen. Der Standardisierungsprozess ist in diesem Kontext in der buildingSMART, Fachgruppe Open BIM in der Fabrikplanung, bereits angelaufen. Dabei ist neben der abgestimmten Darstellung der geometrischen Informationen auch die transparente und übersichtliche Darstellung des Informationsgehalts, etwa zur Prüfung der Vollständigkeit und damit des Zielerreichungsgrads, anzustreben.

Ferner ist auch die Übergabe des Fabrikmodells von der Planung an den Betreiber der Fabrik näher zu betrachten. Im Zuge des Lebenszyklusgedankens muss das Fabrik-BIM kontinuierlich weiter gepflegt und aktualisiert werden, um etwa für Restrukturierungsprojekte als Ausgangsbasis zur Verfügung zu stehen.

Es ist festzustellen, dass durch aktuelle BIM-Anwendungen durch Fabrikplaner/-planerinnen die Grenzen der BIM-Methodik ausgereizt sowie bereits teilweise überschritten bzw. weitergedacht werden. Hier sollten weitere Forschungen und Standardisierungsbemühungen ansetzen und damit zur Unabhängigkeit der Fabrikplanung im BIM beitragen. Ein analoger Ansatz im Sinne eines FIM könnte die Emanzipierung gegenüber dem klassischen, bauwerksbezogenen BIM darstellen und damit die Sichtbarkeit der Methodik erhöhen, weitere Zielfelder der Fabrikplanung erschließen und auch

entsprechende Weiterentwicklungen und Anpassungen der eingesetzten Software anstoßen. Die klare Fokussierung auf die produktionsbezogenen Fabrikobjekte eines zukünftigen FIM, neben der

BIM-Nutzung durch die Objektplanung, würde der objektbezogenen Modellierung durch die Fabrikplanung, die bereits weit über das Gebäude hinausgeht, Rechnung tragen.

Schrifttum

Gesetze, Verordnungen, Verwaltungsvorschriften

HOAI:2013-07 Verordnung über die Honorare für Architekten und Ingenieurleistungen (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure – HOAI). Berlin: Beuth Verlag

Technische Regeln

DIN EN ISO 16739-1:2023-04 (Entwurf) Industry Foundation Classes (IFC) für den Datenaustausch in der Bauwirtschaft und im Anlagenmanagement; Teil 1: Datenschema (ISO/DIS 16739-1:2023); Englische Fassung prEN ISO 16739-1:2023 (Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries; Part 1: Data schema (ISO/DIS 16739-1:2023); English version prEN ISO 16739-1:2023). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN ISO 19650-1:2019-08 Organisation und Digitalisierung von Informationen zu Bauwerken und Ingenieurleistungen, einschließlich Bauwerksinformationsmodellierung (BIM); Informationsmanagement mit BIM; Teil 1: Begriffe und Grundsätze (ISO 19650-1:2018); Deutsche Fassung EN ISO 19650-1:2018 (Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM); Information management using building information modelling; Part 1: Concepts and principles (ISO 19650-1:2018); German version EN ISO 19650-1:2018). Berlin: Beuth Verlag

ISO/TS 10811-2:2000-06 Mechanische Schwingungen und Stöße; Schwingungs- und Stoßeinwirkung auf empfindliche Geräte in Gebäuden; Teil 2: Klassifizierung (Mechanical vibration and shock; Vibration and shock in buildings with sensitive equipment; Part 2: Classification). Berlin: Beuth Verlag

VDI-EE 1100:2018-05 Grundsätze und Anleitungen für die Erarbeitung von VDI-Expertenempfehlungen (Principles and procedures for creating VDI Expert Recommendations). Berlin: Beuth Verlag

VDI 2038 Blatt 2:2013-01 Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen; Untersuchungsmethoden und Beurteilungsverfahren der Baudynamik; Schwingungen und Erschütterungen; Prognose, Messung, Beurteilung und

Minderung (Serviceability of structures under dynamic loads; Methods of analysis and evaluation in structural dynamics; Shock and vibration; prognosis, measurement, evaluation and reduction measures). Berlin: Beuth Verlag

VDI 2552 Blatt 1:2020-07 Building Information Modeling; Grundlagen (Building information modeling; Fundamentals). Berlin: Beuth Verlag

VDI 2552 Blatt 2:2022-08 Building Information Modeling; Begriffe (Building information modeling; Terms and definitions). Berlin: Beuth Verlag

VDI/DIN-EE 2552 Blatt 12.1:2022-10 Building Information Modeling; Struktur zu Beschreibung von BIM-Anwendungsfällen (Building information modeling; Structural description of BIM use cases). Berlin: Beuth Verlag

VDI 5200 Blatt 1:2011-02 Fabrikplanung; Planungsvorgehen (Factory planning; Planning procedures). Berlin: Beuth Verlag

VDI 5200 Blatt 2:2016-05 Fabrikplanung; Morphologisches Modell der Fabrik zur Zielfestlegung in der Fabrikplanung (Factory planning; Morphological model of the factory for the target definition in the factory planning). Berlin: Beuth Verlag

Literatur

- [1] Ingenics AG/i.A.a. Schäfer, S. F.; Hingst, L.; Hook, J.; Rieke, L.; Nyhuis, P.: Improving The Planning Quality Through Model-Based Factory Planning In BIM. In: Journal of Production Systems and Logistics 2 (2022) 9. DOI: 10.15488/12041
- [2] AHO-Arbeitskreis „Building Information Modeling (BIM)“ (Januar 2019); Liebsch; Sautter (2018b); Sterzel (April 2017)
- [3] Dengler, J.; Elixmann, R.; Petry, A. et al: Projektmanagement und Building Information Modeling (2019)
- [4] Hausknecht, K.; Liebich, T.: BIM-Kompendium (2017)
- [5] Egger, M. et al.: BIM-Leitfaden für Deutschland (2013)
- [6] Borrmann et al.: Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis (2015)
- [7] Baldwin, M.: Der BIM-Manager – Praktische Anleitung für das BIM-Projektmanagement (2019)