

Bewertung von openBIM-Projekten: Indikatoren für die Nutzungsintensität von openBIM

S. Fischer, Ch. Schranz, H. Urban

ZUSAMMENFASSUNG Building Information Modeling etabliert sich in der Bauwirtschaft schrittweise immer mehr. Aufgrund der offenen Standards gibt es hier eine Tendenz zu openBIM, vor allem bei öffentlichen Auftraggebern. Der gemeinsame Einsatz der openBIM-Methodik für alle Projektbeteiligten über den gesamten Planungs- und Bauablauf ist jedoch noch relativ neu und unterscheidet sich von konventionellen Projekten. Deshalb kommen BIM-Pilotprojekte zum Einsatz, damit alle Projektbeteiligten die neuen Prozesse erlernen können. Dieser Lernprozess ist umso intensiver, je größer die Nutzungsintensität von openBIM im Projekt ist. Daher beschreibt dieser Artikel wichtige Indikatoren für diese Nutzungsintensität und analysiert diese an einem openBIM-Pilotprojekt. Die zugehörige Auswertung zeigte, dass einige Indikatoren sehr rasch auch von openBIM-Einsteigern umgesetzt wurden, zum Beispiel der Einsatz von IFC sowie die modellbasierte Durchführung der Anwendungsfälle. Optimierungspotenzial gab es bei der sehr wichtigen Nutzung der Kollaborationsplattform zur Kommunikation zwischen den Projektbeteiligten. Der Beitrag stellt darüber hinaus Handlungsempfehlungen für die Erhöhung der Nutzungsintensität von openBIM in Projekten vor.

STICHWÖRTER

Forschung und Entwicklung, Building Information Modeling, Digitale Methoden

1 Einleitung

Building Information Modeling (BIM) etabliert sich in der Bauwirtschaft immer mehr. Gerade im Bereich Planung setzen Büros verstärkt auf diese Methodik. Einerseits liegt dies daran, dass BIM als treibende Kraft der Digitalisierung im Bauwesen gilt. Die Vorteile des Einsatzes von BIM liegen u.a. in der Verwendung eines Datenmodells im gesamten Bauprozess [1], [2]. Diese Vorteile möchte auch die Baubehörde nutzen. Daher arbeiten Kommunen an der Entwicklung von BIM-Bewilligungsverfahren. Hier ist eine Tendenz zu openBIM zu erkennen, da openBIM offene Standards verwendet (closedBIM: Einsatz von nativen Formaten). Beispiele dafür sind im Bundesland Nordrhein-Westfalen [3] und beim EU-Forschungsprojekt BRISE-Vienna der Stadt Wien [4] zu finden. Der durch die Verwendung des BIM-Datenmodells mögliche Einsatz weiterer Technologien, wie Augmented Reality (AR) [5], fördert diese Entwicklung. Andererseits haben sich bereits BIM-Standardprozesse etabliert [6], vor allem in der Planung. Dies unterstützt den Übergang von ei-

Evaluation of openBIM Projects: Indicators for the intensity of use of openBIM

ABSTRACT Building Information Modeling is gradually becoming more and more established in the construction industry. Due to the open standards, there is a tendency towards openBIM, especially among public clients. However, the common use of the openBIM methodology for all project participants throughout the entire planning and construction process is still relatively new and differs from conventional projects. Therefore, BIM pilot projects are used so that all project participants can learn the new processes. This learning process is all the more intensive, the more intensively openBIM is used in the project. Therefore, this article describes important indicators for this intensity of use and analyses them on the basis of an openBIM pilot project. It was shown that some indicators were implemented very quickly also by openBIM beginners, e.g. use of IFC as well as the model-based implementation of BIM use cases. There was potential for optimization in the essential use of the collaboration platform for communication between project participants. Finally, the authors give recommendations for action to increase the intensity of use of openBIM in projects.

nem Projekt-orientierten zu einem Prozess-orientierten Denken und Arbeiten.

Trotz der zahlreichen Vorteile der Methodik BIM stellt der Umstieg für Projektbeteiligte noch eine Hürde dar. Ein Umstieg ist nicht nur mit finanziellem Aufwand (Software und Schulungen) [7] verbunden; viel wichtiger ist die Umstellung auf eine Prozess-orientierte Arbeitsweise. Diese Aufwände führen dann zu Fragen wie „Was bringt mir der Umstieg?“ oder „Wo ist der Mehrwert?“. Gerade hier bietet sich eine Vorgehensweise an, die bereits von einigen Auftraggebern eingesetzt wird: Pilotprojekte [8]. In diesen können alle Projektbeteiligten die Vorteile der openBIM-Methodik erfahren, erlernen und erarbeiten. Pilotprojekte erlauben dabei auch, Fehler im Prozess zu machen und diese zu korrigieren. So lernen alle Projektbeteiligten schrittweise mit der openBIM-Methodik sinnvoll und effektiv umzugehen. Dabei ist es wichtig, die Umsetzung eines Pilotprojekts bewerten zu können.

Nach [9] ist es in sich verändernden Systemen wichtig, dass Bewertungssysteme kontinuierlich an die neuen Rahmenbedin-

gungen angepasst werden, um die wesentlichen Einflüsse korrekt abzubilden. Die Einführung von BIM und openBIM hat genau diesen Einfluss auf die Bauwirtschaft: Veränderung. Deshalb sind traditionelle Erfolgsindikatoren anzupassen oder vorübergehend durch andere zu ersetzen. Dies gilt umso mehr, da bei einem Pilotprojekt oft für viele Beteiligte neue Prozesse zur Anwendung kommen. Ein wichtiger Aspekt sind bei vielen Projekten neben der Qualität die Kosten. Durch das Erlernen neuer Prozesse für die openBIM-Methodik sind diese im Projektteam meist höher als bei der Anwendung gewohnter, eingefahrener Prozesse. Die Kosten sind daher als Indikator weniger geeignet, ein openBIM-Pilotprojekt zu bewerten. In der Übergangsphase und in Pilotprojekten ist vor allem die Nutzungsintensität von openBIM ein bedeutender Aspekt. Mit einer hohen Nutzung werden die oft neuen Prozesse wesentlich schneller verinnerlicht. Möglichst früh können so die Beteiligten eine fortgeschrittene Implementierung schaffen und damit die allgemeinen Vorteile von openBIM früher ausschöpfen.

Daraus drängt sich die Forschungsfrage auf: Wie kann die Nutzungsintensität von openBIM bewertet werden?

Das Ziel dieses Artikels ist die Beantwortung dieser Frage durch die Definition von Indikatoren zur Bewertung der Nutzungsintensität von openBIM. Darüber hinaus werden die Indikatoren an einem realen Pilotprojekt erprobt und aus den Ergebnissen Handlungsempfehlungen für zukünftige Projekte erarbeitet.

2 Methodik

Zur Herleitung der Indikatoren zur Bewertung der Nutzungsintensität von openBIM führten die Autoren eine Literaturstudie durch. Dabei wurden einerseits allgemeine Eigenschaften von openBIM-Projekten herangezogen, die in der Literatur als Basis oder Grundvoraussetzung für openBIM gelten. Andererseits wurden Standard-Richtliniendokumente (Auftraggeber-Informations-Anforderungen [10], [11] und BIM-Projektentwicklungsplan [10], [12]) für die Durchführung von openBIM-Projekten analysiert. Die Ergebnisse dieser Literaturstudie sind in Abschnitt 4 zu finden.

Ein zweiter Schritt umfasste die Anwendung der Indikatoren an einem realen openBIM-Pilotprojekt, dem Bau des Bio-Instituts der Schule HBLFA Raumberg-Gumpenstein durch das österreichische Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT). Die Autoren führten die wissenschaftliche Begleitung [13] und Evaluierung der openBIM-relevanten Prozesse im Pilotprojekt durch. Die Basis der Erhebung der Prozesse bildete die gemeinsame Projektplattform, die die gesamte Kollaboration der Projektbeteiligten abbilden sollte. Aufbauend darauf wurden Interviews mit den Projektbeteiligten durchgeführt.

Durch die Analyse der Prozesse im Hinblick auf die definierten Indikatoren konnten Defizite ermittelt und darauf aufbauend Handlungsempfehlungen zur Intensivierung der Nutzungsintensität von openBIM formuliert werden.

3 Grundlagen openBIM

Building Information Modeling (BIM) kann auf verschiedene Arten in einem Projekt umgesetzt werden. Ein wesentlicher Unterschied besteht dabei zwischen den Konzepten von closedBIM und openBIM. Bei der closedBIM-Methode besteht durch die Anwendung von Softwarelösungen eines Herstellers theoretisch die

Möglichkeit, dass mehrere Planungsbeteiligte in einem gemeinsamen, gleichzeitig bearbeitbaren Modell arbeiten [14]. Egger et al. [15] und Baldwin [16] sehen ein solches gemeinsames Gesamtmodell allerdings kritisch und verweisen auf die Schwierigkeiten der Umsetzung unter realen Anforderungen mit vielen unterschiedlichen Projektbeteiligten. In einem openBIM-Projekt gibt es entgegen diesem weit verbreiteten Verständnis von BIM kein zentrales, gemeinsam bearbeitbares Gebäudemodell. Stattdessen basiert die Zusammenarbeit auf disziplinspezifischen Fachmodellen, die zur Koordination über offene Formate ausgetauscht werden [17], [18]. Das derzeitige Konzept einer nach Fachbereichen getrennten Planung wird dadurch grundsätzlich beibehalten [15].

3.1 IFC und BCF

Die ISO-zertifizierte Datenstruktur Industry Foundation Classes (IFC) [19] von buildingSMART ist die wichtigste offene Schnittstelle für den Austausch von digitalen Gebäudemodellen. IFC ist darauf ausgelegt, möglichst viele Aspekte des Bauens abbilden zu können, weshalb die Struktur sehr umfangreich entworfen wurde und stets weiterentwickelt wird. Die tatsächlichen Anwendungsfälle von IFC, also die Datenaustauschszszenarien zwischen den Disziplinen, benötigen unterschiedliche Informationen aus dem kompletten IFC-Schema. Keiner davon schöpft jedoch alle Möglichkeiten aus [20]. Die Fülle an Informationen wäre sogar hinderlich für die verschiedenen Anwendungsfälle der Projektbeteiligten [17]. Deshalb werden in Form von Model View Definitions (MVD) Teilmengen des gesamten Schemas für spezielle Anwendungsfälle spezifiziert (bSI Use Case Management [21]).

Neben IFC entwickelt buildingSMART mit dem BIM Collaboration Format (BCF) ein offenes Format für die modellbasierte Kommunikation [22]. Im openBIM-Prozess wird BCF vor allem für die Übermittlung von Fehlerprotokollen und Änderungsanweisungen verwendet, um Anmerkungen gezielt Objekten zuzuweisen.

3.2 openBIM-Zusammenarbeit

Bei (open)BIM-Projekten entstehen neue Rollen und Aufgaben: die BIM-Projektleitung (BPL) und BIM-Projektsteuerung (BPS) in der Sphäre des Auftraggebers (AG) (D: BIM-Manager) und die BIM-Gesamtkoordination (BGK) und BIM-Fachkoordination (BFK) in der Sphäre des Auftragnehmers (AN) (D: BIM-Koordinator). Die BPL ist für die Definition der Rahmenbedingungen des Projekts in Form der Auftraggeber-Informations-Anforderungen (AIA) zuständig, in denen die Informationsbedürfnisse des AG abgebildet werden. Diese betreffen unter anderem Datenstrukturen, Schnittstellen, Datenübergaben, Kollaborationsplattform (Common Data Environment – CDE) und Detaillierungsgrade (Level of Geometry – LOG und Level of Information – LOI).

Die BPS ist aufbauend auf den Vorgaben der BPL für die operative Durchführung des BIM-Projekts zuständig. Sie spezifiziert den BIM-Projektentwicklungsplan (BAP) aus den AIA. Der BAP ist Vertragsbestandteil zwischen dem AG und dem Projektteam und bildet die Grundlage für die BIM-basierte Zusammenarbeit. Er regelt Datenaustausch, Kontrollen und Kommunikation in den Projektphasen Planung, Vergabe und Errichtung. Generell werden sowohl AIA als auch BAP bei jedem Projekt (neu) definiert. Im

deutschsprachigen Raum existieren daher Vorlagen bzw. Standarddokumente [10], [11], [12], um den Beteiligten den Umgang mit diesen Dokumenten zu erleichtern und gewisse Grundvoraussetzungen an die Inhalte der Dokumente zu etablieren.

Die wichtigste Vorgabe der AIA im Sinne von openBIM ist die modellbasierte Zusammenarbeit auf Basis der offenen Standards IFC und BCF. Die Fachmodelle des Projektteams werden dabei für die Koordination und Prüfung über einen IFC-Austausch zu einem Koordinationsmodell zusammengeführt [23]. Dieses existiert ausschließlich in der Koordinationssoftware als zentrales Modell. Es enthält keine eigenen beziehungsweise zusätzlichen Informationen, sondern spiegelt ausschließlich die überlagerten Inhalte der Fachmodelle zu einem gewissen Projektstand wider.

Die BGK trägt die Verantwortung für das Koordinationsmodell und koordiniert die Zusammenarbeit der Fachdisziplinen. Die Korrektheit der Fachmodelle unterliegt der jeweiligen BFK. Die modellbezogene Kommunikation (z. B. Prüfergebnisse, Änderungsanweisungen) erfolgt über BCF-Dateien. Der Austausch von IFC- und BCF-Dateien verlangt den Einsatz einer gemeinsamen Umgebung für die disziplinübergreifende Kollaboration. Auf dieser Kollaborationsplattform (CDE) werden Kopien beziehungsweise Versionen der Fachmodelle in einem offenen Datenformat abgelegt, ausgetauscht und koordiniert [16], [18].

4 Indikatoren für die Nutzungsintensität

Die folgende Herleitung der Indikatoren anhand der im Abschnitt 2 beschriebenen Methodik basiert auf [13]. Die integrale Arbeit in einem openBIM-Projekt mit disziplinspezifischen Fachmodellen setzt die Verarbeitbarkeit der verwendeten Datenformate für alle Projektbeteiligten voraus [14], [15], [17], [23], [24]. Zur Sicherstellung der Kompatibilität geben die Standard-AIA [11] die Formate IFC für den Modellaustausch und BCF für die modellbasierte Kommunikation vor. Die Verwendung offener Datenformate wie diesen ist auch die Kerneigenschaft von openBIM [17]. Deshalb sind der Einsatz von IFC und der Einsatz von BCF die ersten beiden Indikatoren.

Der gesamtheitliche Einsatz von openBIM in einem Projekt geht zumeist einher mit dem Anwendungsfall der modellbasierten Gesamtkoordination [14], [17], [23], [24]. Diese bewirkt einen Schritt in Richtung integrale Planung, da schon früh im Projektverlauf die Fachmodelle auf Konflikte und Widersprüche geprüft werden. Wesentlich ist dabei die Regelmäßigkeit der Zusammenführung aller Fachmodelle, um die Konsistenz der Planung dauerhaft sicherzustellen. Die genauen Zeitpunkte der Gesamtkoordinations sind nach [23] projektspezifisch festzulegen. Diese Vorgehensweise wird in den Standard-AIA [11] ebenfalls implementiert, wobei zusätzlich vorgegeben wird, dass zumindest einmal monatlich und am Ende von Projektphasen eine gesamtheitliche Prüfung durchzuführen ist. Als allgemeingültiger Indikator kann die Regelmäßigkeit der Gesamtkoordinations definiert werden.

Die modellbasierte Gesamtkoordination ist einer von unzähligen Anwendungsfällen beim Einsatz von BIM. Der Nutzen von BIM ist umso größer, je mehr dieser Anwendungsfälle umgesetzt werden können. Daher sollte die Umsetzung zukünftig Richtung Big openBIM gehen [14], [25]. Big openBIM bezeichnet den gesamtheitlichen Einsatz von openBIM durch alle Projektbeteiligten über alle Phasen des Lebenszyklus eines Gebäudes [17]. In den Standard-AIA [11] ist dieser Gedanke bereits implementiert. Zur

Analyse der Umsetzung des geplanten Einsatzes von BIM im Projekt ergibt sich daher der Indikator modellbasierte Durchführung der Anwendungsfälle. Dieser Indikator gibt auch Aufschluss darüber, ob openBIM von den Projektbeteiligten angenommen und eigenständig zur Optimierung von Aufgaben eingesetzt wird.

Die Umsetzung von Big openBIM sieht zusätzlich die Nutzung einer cloudbasierten Kollaborationsplattform vor. Die Schaffung einer gemeinsamen Datenumgebung soll laut den Handlungsempfehlungen des Stufenplan Digitales Planen und Bauen [24, S. 10] „[...] zur organisierten Aufbewahrung und zum verlustfreien Austausch der im Planungs- und Bauprozess erzeugten Daten [...]“ beitragen und allen Projektbeteiligten den Zugriff auf die Projektinformationen ermöglichen. Laut den Standard-AIA [11] ist die Möglichkeit der nachvollziehbaren Dokumentation der Zusammenarbeit ein weiterer Grund für eine Kollaborationsplattform. Diese Argumente untermauern die Wichtigkeit und die Vorteile der durchgängigen Nutzung einer solchen Plattform. Daher ist die Nutzung einer Kollaborationsplattform durch die BIM-Rollen ein wichtiger Indikator für jeden openBIM und Big openBIM Prozess.

Im Standard BIM-Regelwerk [10] werden auf Basis der projektspezifisch vorgegebenen IFC-Schnittstelle Übertragungskonfigurationen für verschiedene Modelltypen definiert. Grundsätzlich entspricht das dem Konzept einer MVD. Betrachtet man jedoch die Tatsache, dass es für die IFC-Schemata nur wenige weitverbreitete MVDs gibt [23], ist eine Konkretisierung durchaus sinnvoll. Dadurch können die Modellinhalte und -formate projektspezifisch an die Anforderungen der Beteiligten angepasst werden. Da die konkrete Festlegung von Übertragungskonfigurationen projektspezifisch erfolgt, wird als allgemeingültiger Indikator die generelle Einhaltung der Datenaustauschenszenarien gewählt.

Während diese Indikatoren an sich nicht vom jeweiligen Projekt abhängig sind, ist es ihr Bewertungsschema sehr wohl. Dabei muss berücksichtigt werden, dass das Potential der openBIM-Methode stark vom projektspezifischen Einsatz der digitalen Modelle abhängt. Der BIM-Leitfaden für Deutschland [15, S. 20] verdeutlicht klar, dass von einem Einsatz von BIM nur das erwartet werden kann, was auch im Vorfeld definiert wurde:

„BIM heißt nicht, auf Knopfdruck bestimmte Informationen aus einem Modell zu extrahieren oder auszuwerten. Es ist keine „Black Box“, die mittels Automatismen alles vereinfacht. Mit einem BIM-Modell werden nur die Ziele erreicht, die vorher definiert wurden und es können nur jene Informationen ausgewertet werden, die auch eingepflegt wurden.“

Deshalb müssen die Ziel- beziehungsweise Referenzwerte stets aus den Projektvorgaben abgeleitet werden.

5 openBIM-Pilotprojekt

Das untersuchte Pilotprojekt „Neubau des Bio-Instituts der Schule HBLFA Raumberg-Gumpenstein“ war ein Projekt in Big openBIM, da die openBIM-Methode über den gesamten Projektverlauf durch mehrere Projektteilnehmer umzusetzen war [17]. Die Durchführung des Pilotprojekts zielte auf die Analyse der aktuellen Möglichkeiten der Arbeitsweise und die Dokumentation der Abläufe für weitere Projekte ab [26].

Die BIM-Planung des Pilotprojekts erfolgte anhand von Fachmodellen der Disziplinen Architektur, Tragwerksplanung (TWP) und Technische Gebäudeausrüstung (TGA), die zur Gesamtkoordination überlagert wurden (**Bild 1**). Diese Fachmodelle waren

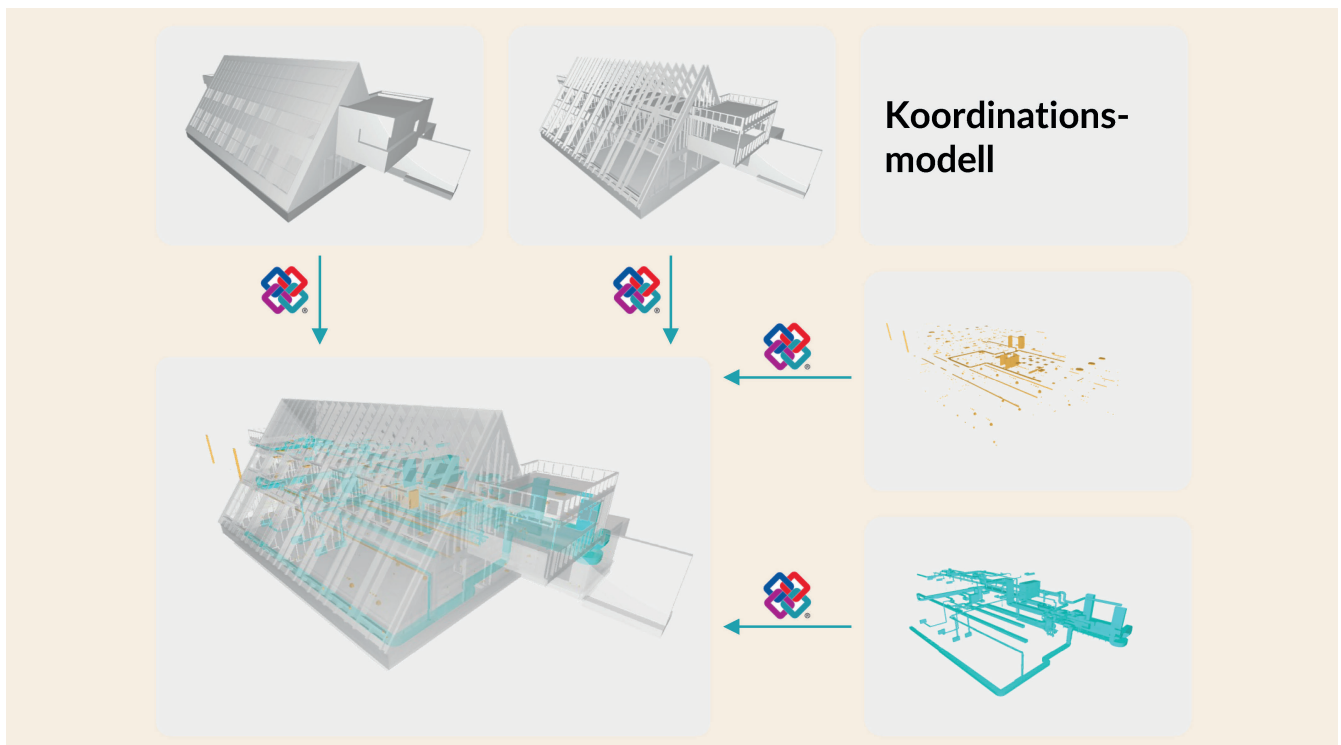


Bild 1. Gebäudemodelle im Projekt: Architekturmodell und Tragwerksmodell (oben), TGA-Modelle (rechts), Koordinationsmodell (unten links) [6].

Grafik: buildingSMART Austria

Fig. 1. Building models in the project: architectural model and structural model (top), HVAC models (right), coordination model (bottom left) [6].

Source: buildingSMART Austria

vom Projektstart über die gesamte Planungs- und Ausführungsphase zu erstellen und zu erweitern.

Die Vergabe dieser BIM-Leistungen auf Auftragnehmerseite ist von der vertraglich geregelten Modellverantwortung und dem Umfang des BIM-Einsatzes abhängig [27]. Im Pilotprojekt wurde eine Variante aus Vergabe an einen Generalplaner in der Planungsphase und einen Generalunternehmer „plus“ (GU+) in der Ausführungsphase gewählt [28]. In beiden Phasen deckte ein Architekturbüro die Kompetenzen der BGK und der BFK Architektur ab und jeweils ein Planungsbüro die Aufgaben der BFK TWP und der BFK TGA.

5.1 BIM-Anwendungsfälle

Die AIA und der BAP konkretisieren relevante BIM-Anwendungsfälle, um den gewünschten Einsatz von BIM projektbezogen festzulegen. Im analysierten Pilotprojekt gab es Vorgaben zu folgenden BIM-Anwendungsfällen.

5.1.1 Umgebungsmodell

Als Grundlage für die Verortung der fachspezifischen Teilmolelle soll ein Umgebungsmodell zur Repräsentation des bestehenden Geländes dienen und die Interaktion zwischen Bauwerk und Umgebung darstellen.

5.1.2 Modellbasiertes Qualitätsmanagement

Zur Sicherstellung einer einheitlichen Qualitätskontrolle werden Prüfroutinen sowie die Bewertung und Dokumentation der

Ergebnisse vorgegeben. Eine Prüfroutine umfasst nach [4] alle Aufgaben im Zuge einer Modellprüfung: von der Modellsichtung, über die Modellprüfung an sich bis zur Bewertung und Kommunikation der Ergebnisse.

5.1.3 Modellkoordination

Der BIM-Anwendungsfall Modellkoordination regelt die konkrete Umsetzung der Modellprüfung im Zuge einer Gesamtkoordination. Die zu übermittelten Daten werden durch Vorgabe der nötigen Übertragungskonfigurationen sowie der Prüfroutinen für die Qualitätssicherung der Modellinhalte festgelegt. Die Zeitpunkte der Modellkoordinationen sind vorab nicht konkret vorgegeben, sondern von den Projektbeteiligten nach Erfordernis zu vereinbaren.

Jedoch sollte zum Ende jeder Projektphase oder zumindest einmal monatlich eine Sitzung durchgeführt werden. Eine detaillierte Darstellung des Prozesses einer Koordinationssitzung laut BAP ist in [13] zu finden.

5.1.4 Thermische Gebäudesimulation

Dieser Anwendungsfall umfasst die Erstellung von Simulationen zur Wirtschaftlichkeit und Energieeffizienz der Modelle in der gesamten Planungsphase. Dadurch sollen

- zum einen bereits in den sehr frühen Phasen ergänzende Daten zur Nachhaltigkeit als Entscheidungsgrundlage vorliegen und
- zum anderen Änderungen im Verlauf der Planung untersucht sowie deren Wirkung identifiziert werden.

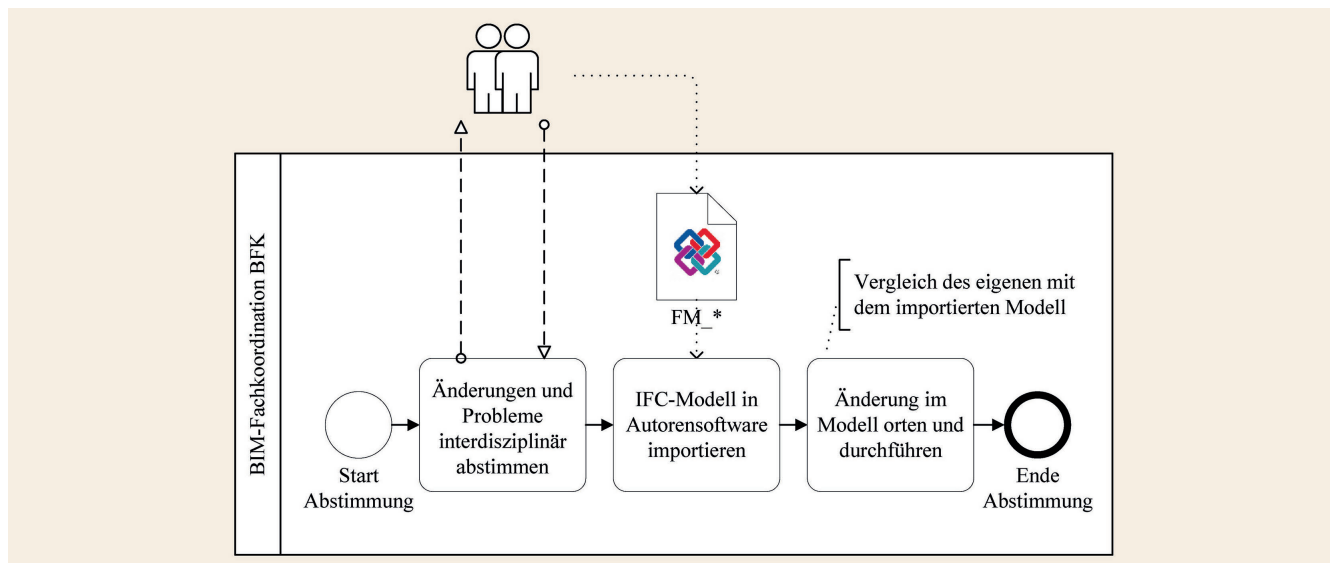


Bild 2. Teilprozess interdisziplinäre Abstimmung *Grafik: Fischer*
 Fig. 2. Interdisciplinary coordination sub-process *Source: Fischer*

5.1.5 Modellbasierte Kostenermittlung

Die modellbasierte Kostenermittlung zielt auf die Schaffung hoher Kostensicherheit ab und stärkt die Position der digitalen Modelle als zentrale Datengrundlage. Aus der Modellgeometrie werden die Massen und Mengen abgeleitet und berechnet.

5.1.6 Werkplanung und koordinierte Ausführungsplanung

Dieser Anwendungsfall definiert den Übergang zwischen Planung und Ausführung während der Bauvorbereitung. Zur Abstimmung werden die Planungsmodelle mit der Werk- und Montageplanung der ausführenden Unternehmen verglichen und um Informationen daraus erweitert.

5.1.7 asBuilt-Dokumentation

Die asBuilt-Dokumentation dient der Sicherstellung einer zuverlässigen Datengrundlage für das Facility Management in der Nutzungsphase des Bauwerks. Der Anwendungsfall gibt vor, wie die tatsächliche Bauausführung erhoben und in den digitalen Modellen eingebunden wird. Der Ist-Zustand ist mittels Laserscanner in Form von Punktwolken zu ermitteln, der Soll-Zustand ist durch die geprüften Fachmodelle gegeben.

Die resultierenden Punktwolken werden automationsgestützt den Fachmodellen gegenübergestellt und dabei verglichen. Bei Abweichungen außerhalb der Bautoleranzen muss entweder das reale Gebäude an den Soll-Zustand oder das digitale Modell an die neuen Gegebenheiten angepasst werden. Von entscheidender Bedeutung ist, dass in beiden Varianten eine Übereinstimmung zwischen dem realen Gebäude und den Fachmodellen erreicht werden muss.

5.2 Analyse der Indikatoren am Pilotprojekt

Die Analyse der Prozesse im Pilotprojekt erfolgt anhand der zuvor definierten sechs Indikatoren zur Bewertung der Nutzungsintensität von openBIM. Die enthaltenen Prozessdarstellungen

sind nach dem Konzept der Business Process Model and Notation [29] erstellt.

5.2.1 Einsatz von IFC

Das offene Datenformat IFC bildete über den gesamten Projektverlauf die Grundlage der interdisziplinären Zusammenarbeit. Dadurch standen die Fachmodelle allen Projektbeteiligten zur Verwendung in ihrer individuellen Software zur Verfügung. Die Unabhängigkeit von speziellen Produkthanbietern war gegeben. Somit wurde dieser Indikator vollständig erfüllt.

5.2.2 Einsatz von BCF

Die durchgängige modellbasierte Kommunikation mithilfe des offenen Formats BCF konnte im Pilotprojekt nicht umgesetzt werden. Zwar kam BCF für die Übermittlung der Prüfberichte von Gesamtkoordinatoren zum Einsatz, jedoch kaum für Abstimmungen unter den einzelnen Fachkoordinationen. Solche Abstimmungsfälle (**Bild 2**) lösten die Beteiligten zumeist über eine Kombination aus Kommunikation via E-Mail sowie Telefon und anschließendem Modellaustausch. Die Ortung von Problemen erfolgte durch visuellen Vergleich der betroffenen Modelle. Somit verzichteten die Projektteilnehmer auf die dafür ausgelegte Funktionalität von BCF. Zudem gab es keine zentrale, für alle Projektteilnehmer ersichtliche Dokumentation der Fehlerverfolgung. Insgesamt kann der Einsatz von BCF nur als teilweise umgesetzt eingestuft werden.

5.2.3 Regelmäßigkeit der Gesamtkoordinationen

Im Pilotprojekt startete die verpflichtende Durchführung von regelmäßigen Gesamtkoordinationen zu Beginn der Vorentwurfsphase. Von diesem Zeitpunkt an wurden bis zum Ende der Entwurfsphase monatliche Gesamtkoordinationsprüfungen mit anschließenden Koordinationsitzungen durchgeführt. Die zugehörigen Abläufe sind in **Bild 3** gezeigt. Die Modellbereitstellung unterschied sich dabei je Fachdisziplin. Die Fachmodelle der TGA

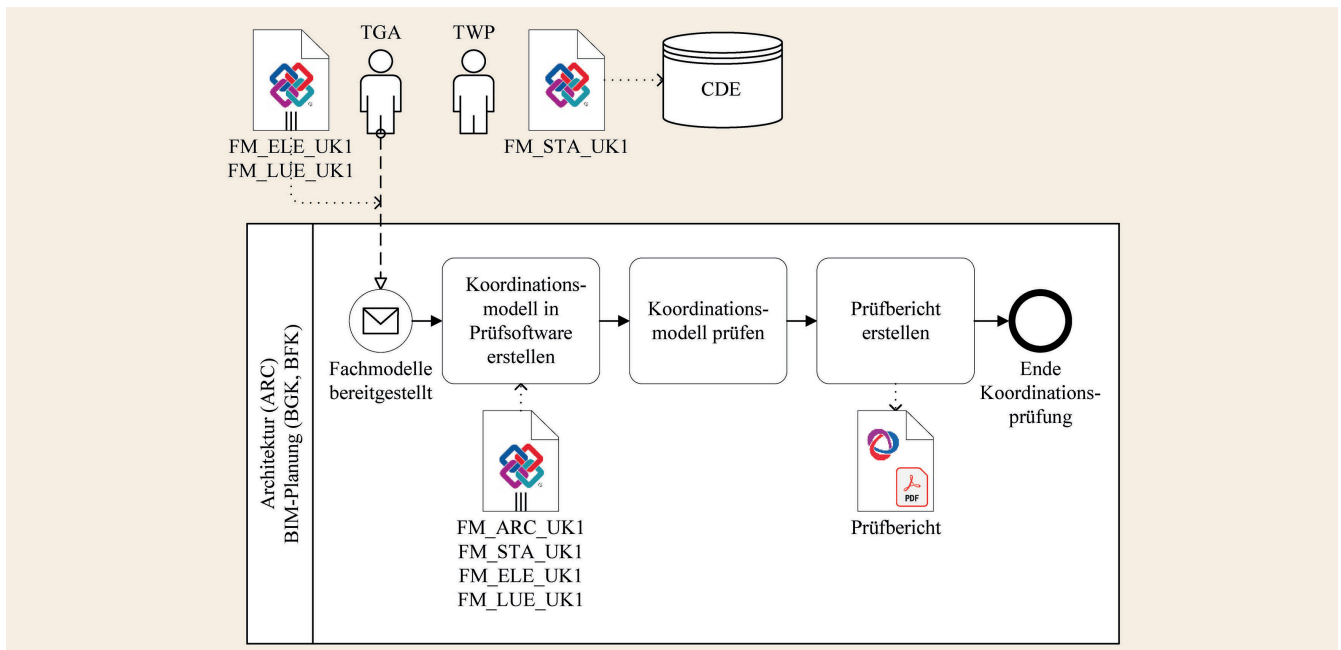


Bild 3. Teilprozess Gesamtkoordination *Grafik: Fischer*
 Fig. 3. Overall coordination sub-process *Source: Fischer*

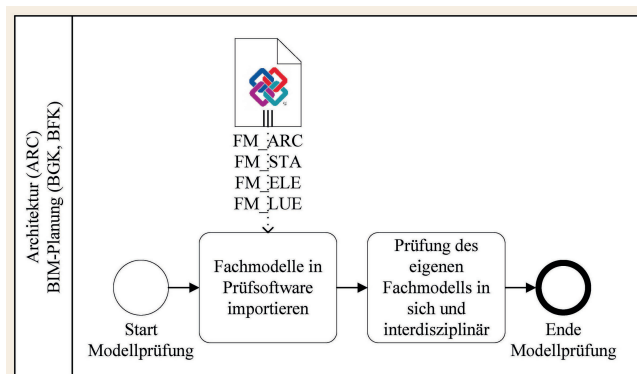


Bild 4. Teilprozess Modellprüfung des Architekturmodells *Grafik: Fischer*
 Fig. 4. Model-checking sub-process of the architecture model
 Source: Fischer

wurden über den gesamten Projektverlauf per E-Mail an die BGK gesendet. Die TWP nutzte ab der Freischaltung die Projektplattform. Das Architekturmodell lag der BGK ohnehin vor, da sie es selbst erstellte. Nach dem Erhalt aller Fachmodelle im Format IFC wurden sie in der Prüfsoftware zu einem Koordinationsmodell überlagert. Zur gesamtheitlichen Prüfung der Modelle kam ein Prüfredigset der BPS zur Anwendung. Zum Abschluss fasste die BGK die relevanten Fehler in einem Prüfbericht in den Formaten BCF und PDF zusammen.

In der Einreichplanung verringerte sich die Konsequenz der Gesamtkoordination. Neben einem größeren Intervall verzichtete man auf die Durchführung einer Koordinationssitzung im Anschluss an die Qualitätsprüfung. Stattdessen wurden erkannte Fehler fortan durch die Bereitstellung des Prüfberichts kommuniziert. Dieses Bild setzte sich bei der weiteren Modellbearbeitung ab der Bauvorbereitung fort. Das war laut BGK darauf zurückzuführen, dass die meisten wegweisenden Entscheidungen in den Phasen Vorentwurf und Entwurf zu treffen waren. Hier war die

gemeinsame Diskussion von Problemen in Sitzungen von Vorteil. Später im Projekt traten hauptsächlich Modellierfehler auf. Für deren Koordination stand der Aufwand einer Sitzung der Projektbeteiligten in keinem vertretbaren Verhältnis zu ihrem Nutzen. Ein Grund dafür war, dass die Standorte der beteiligten Planungsbüros über Österreich verteilt waren.

Zusammenfassend wurde damit zwar zum Ende jeder Projektphase eine Gesamtkoordination durchgeführt, die Frequenz von einmal monatlich und der vorgegebene Ablauf konnten jedoch nicht eingehalten werden.

5.2.4 Modellbasierte Durchführung der Anwendungsfälle

Im Pilotprojekt gab es vorgegebene BIM-Anwendungsfälle für den gesamten Projektablauf sowie für einzelne Projektphasen. Die gewerkeübergreifende Qualitätsprüfung der Fachmodelle erstreckte sich über den gesamten Projektverlauf und basierte stets auf den digitalen Modellen. Jedoch wählten die drei zuständigen BFKs unterschiedliche Ansätze. Die BFK Architektur setzte auf eine vollständige Durchführung der Kontrollen in ihrer BIM-Prüfsoftware Solibri Model Checker (**Bild 4**). Sie importierte dazu IFC-Versionen aller vier digitalen Modelle in die Prüfsoftware und untersuchte sie mithilfe automatisierter Prüfredigeln. Im Gegensatz dazu setzte die BFK TGA auf eine ausschließliche Prüfung in ihrer Modelliersoftware (**Bild 5**). Die BFK TGA importierte zusätzlich zu ihren eigenen Modellen die IFC-Modelle der anderen Disziplinen in die Autorensoftware Trimble Nova und führte dort eine Kollisionsprüfung durch. Die LOI-Inhalte des eigenen Fachmodells prüfte sie manuell bzw. visuell. Die BFK TWP teilte ihre Modellprüfung in zwei parallele Vorgänge auf (**Bild 6**). Die geometrischen Prüfungen erfolgten in ihrer Modelliersoftware Archicad und setzten sich aus einer visuellen Prüfung des eigenen Fachmodells und einer modellübergreifenden Überschneidungsprüfung zusammen. Der zweite Vorgang deckte die Kontrolle der LOI-Informationen im eigenen Fachmodell ab. Da-

für nutzte man die Funktion der Software BIMcollab ZOOM zur Erstellung von eigenen Prüfregele für die Kontrolle von Elementeneigenschaften.

Ein phasenbezogener Anwendungsfall war die Erstellung eines Umgebungsmodells zu Projektbeginn als Grundlage für die weitere Planung. Im Umgebungsmodell waren zwar alle erforderlichen Daten in Form eines Geländeoberflächenmodells vorhanden, jedoch benötigte die Architektur zur weiteren Verwendung einen Volumenkörper zur Darstellung des Erdreichs. Deshalb konnte das Geländemodell nicht direkt weiterverwendet werden. Stattdessen modellierte die Architektur ein eigenes Geländemodell auf Basis der erhaltenen Informationen. Ebenfalls phasenbezogen waren bauphysikalische Auswertungen und thermische Gebäudesimulationen. In diesen Anwendungsfällen reichte der Einsatz der digitalen Modelle als einzige Datengrundlage für die verwendeten Auswertungsprogramme (ArchiPHYSIK, IDA ICE) jedoch nicht aus. Aufgrund eingeschränkter Kompatibilität und unzureichender Konkretisierung der Modellaustauschanforderungen wurde jeweils ein zweites natives Modell auf Basis der IFC-Daten erstellt.

Ab der Entwurfsphase dienten die Fachmodelle auch als Grundlage für alle zu liefernden Pläne. In der Ausschreibungsphase kamen die Modelle zur Ableitung von Bauteilmassen zum Einsatz. Dieser Anwendungsfall wurde von der Architektur und der TGA umgesetzt. Die benötigten Massen der TWP wurden hingegen vom Statiker telefonisch bekanntgegeben, da sie zum Teil nicht im Modell vorhanden waren, wie zum Beispiel im Falle der Bewehrung. In der Bauvorbereitung und Bauausführung erfolgte eine kontinuierliche Anpassung der digitalen Modelle an die tatsächlichen Ausführungen. In der Bauausführung fand zusätzlich ein Abgleich von Punktwolken mit den nativen Gebäudemodellen statt.

Die digitalen Modelle kamen damit für alle vertraglich vereinbarten Anwendungsfälle als Informationsgrundlage zur Anwendung. Die Verwendung der Modelle für bauphysikalische Auswertungen ging dabei sogar über die Projektvorgaben hinaus. Insgesamt zeigte die Analyse jedoch, dass die alleinige Verwendung

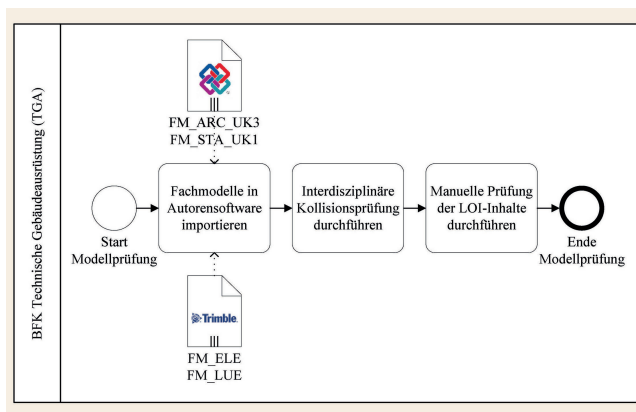


Bild 5. Teilprozess Modellprüfung der TGA-Modelle Grafik: Fischer
Fig. 5. Model-checking sub-process of the HVAC models Source: Fischer

der Modelle noch nicht für die Umsetzung aller Anwendungsfälle ausreicht.

5.2.5 Nutzung der Kollaborationsplattform

Zu Beginn des Projekts kam es aufgrund von Schwierigkeiten bei der Konfiguration der Projektplattform zu einer Verzögerung ihres Einsatzes. Während der gesamten Vorentwurfsphase musste deshalb der Modellaustausch sowie die ergänzende Kommunikation über E-Mails erfolgen. Die uneingeschränkte Verwendung war erst zum Start der Entwurfsphase möglich. Ungeachtet dessen wurde die konventionelle Zusammenarbeit noch ca. einen Monat lang bis zur nächsten Koordinationssitzung fortgeführt. Danach verlagerten die Architektur und die TWP ihren Modellaustausch auf die Projektplattform. Die TGA machte diesen Schritt jedoch nicht mit und sendete ihre Modelle über den gesamten Projektverlauf per E-Mail. Die Architektur stellte die TGA-Modelle stellvertretend auf der Plattform bereit. Damit waren zwar alle Fachmodelle auf der Plattform vorhanden, jedoch wurde der Informationsfluss nicht richtig abgebildet.

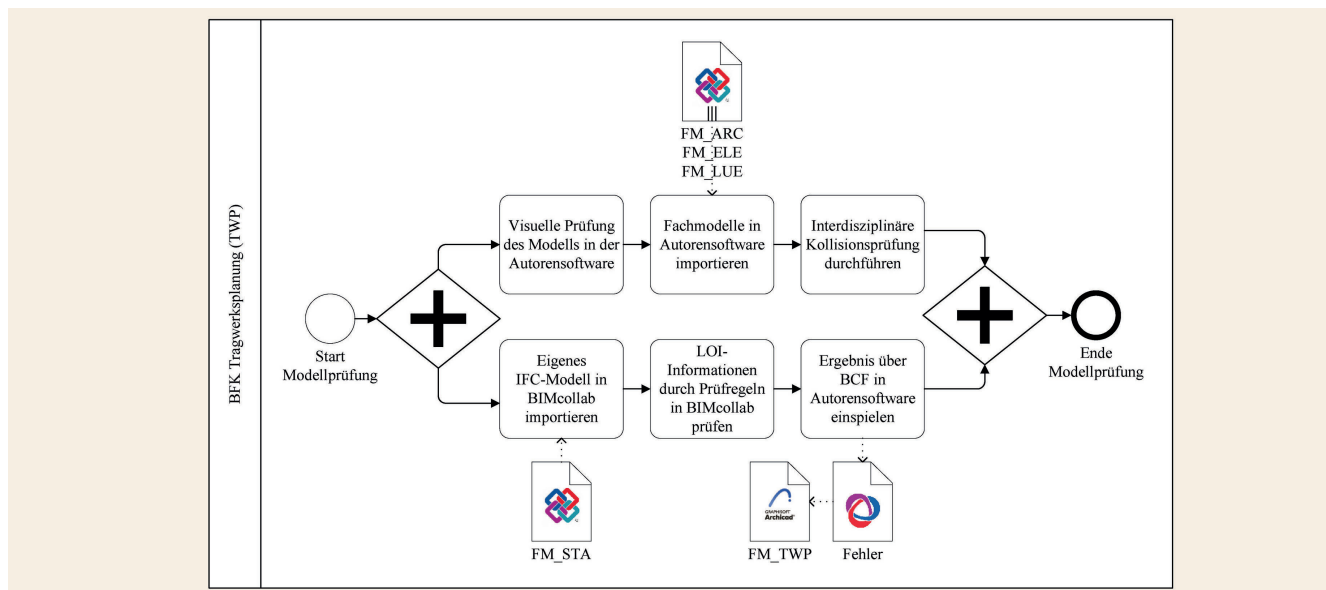


Bild 6. Teilprozess Modellprüfung des Tragwerksplanungsmodells Grafik: Fischer
Fig. 6. Model-checking sub-process of the structural design model Source: Fischer

Generell diente die Projektplattform nur für die digitalen Modelle und Prüfberichte der Gesamtkoordinationen als zuverlässige Datengrundlage. Pläne und ergänzende Unterlagen wurden nur teilweise auf der Plattform abgelegt. Neben der Erstellung einer zentralen Datenbank sollte die Kollaborationsplattform die projektspezifische Kommunikation abbilden. Auf der Plattform sind jedoch nur Nachrichten gespeichert, die im Zuge der Modellbereitstellung entstanden. Die umfassende zusätzliche Kommunikation ist dort nicht dokumentiert. Die Projektplattform ist daher eher einem cloudbasierten Speicherort als einer tatsächlichen Kollaborationsplattform gleichzusetzen.

5.2.6 Einhaltung der Datenaustauschszszenarien

Der BAP des Pilotprojekts enthält sieben Übertragungskonfigurationen für vordefinierte Datenaustauschszszenarien. Tatsächlich wurde im Projekt nur eine dieser Konfigurationen wirklich verwendet, jene zur Übermittlung des Modells mit allen Inhalten. Das ist auf die überschaubare Anzahl an Objekten zurückzuführen. Jedoch entwickelten sich dafür im Projekt zwei Übertragungskonfigurationen. Um das Datenvolumen zu reduzieren, speicherte die Architektur ihr Modell im Format IFCZIP. Dieses konnte in der Software der TGA nicht verarbeitet werden, weshalb auch ein Prüfmodell im Format IFC ausgetauscht wurde. Darüber hinaus wäre auch eine Konkretisierung des Datenaustauschs für andere Anwendungsfälle notwendig gewesen. Dabei handelte es sich um spezielle Übertragungskonfigurationen für die bauphysikalische Berechnung und das Geländemodell. In beiden Fällen wurde die vollständige, direkte Weiterverwendung des IFC-Modells durch mangelnde Definition der erforderlichen Daten verhindert. Damit deckt dieser Indikator vor allem Defizite in den Projektvorgaben auf.

6 Fazit mit Handlungsempfehlungen

Die vielfältigen Vorteile von BIM sind vor allem dann erzielbar, wenn in einem Projekt openBIM von allen Projektbeteiligten durchgängig genutzt wird (inkl. Facility Management). Dann bietet BIM die Möglichkeit, weitreichende Aspekte des Bauwesens zu optimieren. Ein wesentlicher Faktor für Projekte, gerade in der derzeitigen Übergangsphase, ist demnach die Nutzungsintensität von openBIM. Deshalb leiteten die Autoren auf Basis von Fachliteratur und Standard-Richtliniendokumenten folgende sechs Indikatoren zur Bewertung der Nutzungsintensität von openBIM in Projekten her und erprobten sie anhand eines realen Pilotprojekts:

- Einsatz von IFC
- Einsatz von BCF
- Regelmäßigkeit der Gesamtkoordinationen
- Modellbasierte Durchführung der Anwendungsfälle
- Nutzung der Kollaborationsplattform
- Einhaltung der Datenaustauschszszenarien

Die Analyse des Pilotprojekts zeigte, dass sich die Verwendung der digitalen Modelle im IFC-Format als zentrale Datenquelle und Entscheidungsgrundlage über den gesamten Projektverlauf etablierte. Dem stand jedoch ein Defizit in der Zusammenarbeit innerhalb der Projektteilnehmer gegenüber. Abweichungen zum BAP ergaben sich im Bereich der Gesamtkoordination, der modellbasierten Kommunikation und vor allem der Nutzung der Kollaborationsplattform. Eine Ursache für diese Abweichungen

Tabelle 1. Erfüllung der Indikatoren zur Nutzungsintensität im Pilotprojekt
Table 1. Fulfillment of the indicators on intensity of use in the pilot project

Indikatoren zur Nutzungsintensität	Umsetzung
Einsatz von IFC	vollständig
Einsatz von BCF	teilweise
Regelmäßigkeit der Gesamtkoordinationen	überwiegend
Modellbasierte Durchführung der Anwendungsfälle	überwiegend
Nutzung der Kollaborationsplattform	teilweise
Einhaltung der Datenaustauschszszenarien	teilweise

ist sicherlich in der Konzipierung des Projekts mit Big openBIM zu finden. Die Umsetzung eines Projekts nach dieser Methode verlangt von allen Projektbeteiligten eine große Umstellung von der konventionellen Arbeitsweise, die laut [14] und [17] nur schwer in einem Schritt zu schaffen ist. Dementsprechend ist nachvollziehbar, dass noch nicht alle BIM-Ziele des Pilotprojekts vollständig erreicht wurden (**Tabelle 1**).

Allerdings kann angenommen werden, dass sich bei zunehmender Durchführung von Projekten mit openBIM die Arbeitsweise besser etabliert und immer mehr Projekte und Projektpartner von dieser Arbeitsmethodik profitieren können. Zur Förderung dieser Entwicklung ergeben sich aus Sicht der Autoren (basierend auf den Analyseergebnissen) folgende Handlungsempfehlungen für zukünftige Projekte:

- Projektspezifische Anpassung der Datenaustauschszszenarien:
Die unzureichende Spezifikation der benötigten Informationen führte zu einer eingeschränkten Nutzung der digitalen Modelle in manchen Anwendungsfällen. Die Übertragungskonfigurationen sollen genau das verhindern. Daher ist eine bessere Anpassung an die Anforderungen der einzelnen Projektbeteiligten anzustreben.
- Einsatz von BCF intensivieren:
Der Vergleich der eingesetzten Methoden zur Ortung von Fehlern in digitalen Modellen mit der Funktionsweise von BCF lässt darauf schließen, dass der vermehrte Einsatz von BCF eine Effizienzsteigerung herbeigeführt hätte. Ein weiteres Argument für den stärkeren Einsatz des Formats ist die bessere Nachvollziehbarkeit von Änderungen, vor allem in Kombination mit einer gemeinsamen Projektplattform.
Das führt zu den aus Autorensicht wichtigsten Empfehlungen für zukünftige Projekte:
- Durchgängige Nutzung der Projektplattform:
Im Pilotprojekt diente die gemeinsame Plattform vorwiegend als Speicherort für digitale Modelle und nicht für die tatsächliche Zusammenarbeit. Die durchgängige Nutzung ist jedoch der Schlüssel zur Erreichung einer vollständigen Dokumentation der projektspezifischen Daten und Zusammenarbeit.
- Bereitstellung der Plattform bereits zu Projektbeginn:
Im Pilotprojekt mussten die Beteiligten zu Projektbeginn aufgrund von Konfigurationsschwierigkeiten auf den Einsatz der Plattform verzichten. Die spätere Verlagerung der Zusammenarbeit auf die Projektplattform verlangte eine Umstellung im Arbeitsablauf der Projektbeteiligten. Dies hatte negative Auswirkungen auf die weitere durchgängige Nutzung. Von Auftraggeberseite sollte deshalb die frühzeitige Bereitstellung der Projektplattform eine Grundvoraussetzung sein, um eine durchgängige Nutzung zu ermöglichen und zu fördern.

Nun ist es zweckmäßig, diese Handlungsempfehlungen in weiteren Pilotprojekten umzusetzen und dabei die Nutzungsintensität von openBIM zu analysieren. Durch diese Analyse können die Handlungsempfehlungen an die künftigen Stufen der Einführung von openBIM angepasst werden, um so den Fortschritt bestmöglich zu fördern.

Literatur

- [1] Changali, S.; Mohammad, M.; van Nieuwland, M.: The construction productivity imperative. McKinsey & Company, 2015, <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/the-construction-productivity-imperative> [Zugriff am: 15.04.2021].
- [2] Sanchez, A.; Hampson, K.; Vaux, S.: Delivering Value with BIM: A Whole-of-Life Approach. Routledge, London, 2016.
- [3] König, M.: BIM-basierter Bauantrag – Konzept für die nahtlose Integration von Building Information Modeling (BIM) in das behördliche Bauantragsverfahren. <https://bim-bauantrag.blogs.ruhr-uni-bochum.de/> [Zugriff am: 09.08.2021].
- [4] Krischmann, T.; Urban, H.; Schranz, Ch.: Entwicklung eines openBIM-Bewilligungsverfahrens/Development of an openBIM submission process. In: Bauingenieur 95 (2020), Heft 9, S. 335-344. <http://dx.doi.org/10.37544/0005-6650-2020-09-61>.
- [5] Schranz, Ch.; Urban, H.; Gerger, A.: Potentials of Augmented Reality in a BIM based building submission process. In: Journal of Information Technology in Construction; Vol. 26 (2021), pp. 441-457. <http://dx.doi.org/10.36680/j.itcon.2021.024>.
- [6] Eichler, C. C.; Schranz, Ch.; Krischmann, T. et al.: BIMcert Handbuch – Grundlagenwissen openBIM – Ausgabe 2021. Mironde-Verlag, Neudorf, 2021.
- [7] Sacks, R.; Eastman, Ch.; Lee, G. et al.: BIM-Handbook – A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors and Facility Managers. Third Edition. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2018.
- [8] Schönbach, R.; Aßmus, E.; Klemm-Albert, K. et al.: Entwicklung des Masterplan BIM für Bundesbauten. In: Bauingenieur 96 (2021), Heft 5, S. 173-181. <http://dx.doi.org/10.37544/0005-6650-2021-05-57>.
- [9] Kennerly, M.; Neely, A.: Measuring Performance in a changing business environment. In: International Journal of Operations & Production Management, Vol. 23 (2003), Iss. 2, pp. 213-229.
- [10] Eichler, C. C.; Curschellas, P.: BIM Regelwerk: AIA Informationsanforderungen des Auftraggebers – BAP BIM-Projektentwicklungsplan. buildingSMART Austria, Bauen digital Schweiz, buildingSMART Switzerland, 2020, <http://www.buildingsmart.co.at/wp-content/uploads/2020/12/BIM-Regelwerk-AIABAP-2020.08.20-V1.0322305843009224465678.pdf> [Zugriff am: 07.05.2021].
- [11] Eichler, C. C.: Standard-Auftraggeber-Informationsanforderungen für Hoch- und Tiefbau. buildingSMART Austria, 2019, https://www.buildingsmart.co.at/wp-content/uploads/2020/12/2020050_AIA-buildingSMART-Austria_-_Webinar.pdf [Zugriff am: 24.02.2021].
- [12] Liebsch, P.; Sautter, H.: BAP: BIM-Projektentwicklungsplan. Drees & Sommer AG, 2018, <https://bauen-digital.ch/assets/Uploads/1604-Dreeso-BAP-Projektentwicklungsplan-v1-0.pdf> [Zugriff am: 18.06.2021].
- [13] Fischer, S.: Analyse der Prozesse und Zusammenarbeit bei Umsetzung der openBIM-Methode in der Baupraxis auf Basis eines Pilotprojekts. Wien, TU Wien, Diplomarbeit, 2021. <https://doi.org/10.34726/hss.2021.88782>.
- [14] Goger, G.; Piskernik, M.; Urban, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie, WKO und BMVIT, 2018.
- [15] Egger, M.; Hausknecht, K.; T. Liebich, T. et al.: BIM-Leitfaden für Deutschland. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, 2013.
- [16] Baldwin, M.: Der BIM-Manager: Praktische Anleitung für das BIM-Projektmanagement. 2. Auflage. Beuth Verlag, Berlin, 2019.
- [17] Borrmann, A.; König, M.; Koch, C. et al.: Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2015.
- [18] Probst, M.: Arbeiten mit IFC und Model View Definitions. 2018, <https://bimconnect.org/wiki/arbeiten-mit-ifc-und-model-view-definitions> [Zugriff am: 19.08.2020].
- [19] ISO 16739-1: Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries – Part 1: Data schema. International Organization for Standardization, Ausgabe November 2018.
- [20] buildingSMART International: Model View Definition (MVD) – An Introduction. 2020, <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/mvd> [Zugriff am: 19.08.2020].
- [21] buildingSMART International: bSI Use Case Management Service (UCMS). 2020, <https://ucm.buildingsmart.org> [Zugriff am: 22.07.2021].
- [22] buildingSMART International: BIM Collaboration Format (BCF). 2020, <https://technical.buildingsmart.org/standards/bcf> [Zugriff am: 09.11.2020].
- [23] Hausknecht, K.; Liebich, T.: BIM-Kompodium: Building Information Modeling als neue Planungsmethode. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2015.
- [24] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Stufenplan Digitales Planen und Bauen – Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken. 2015, https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/stufenplan-digitales-bauen.pdf?__blob=publicationFile [Zugriff am 13.08.2020].
- [25] Plattform 4.0 (Hrsg.): Roadmap Digitalisierung. 2018, <https://plattform4zero.at/roadmap-digitalisierung-vonplanen-bauen-und-betreiben-in-oesterreich> [Zugriff am 24.02.2021].
- [26] Schranz, Ch.; Fischer, S.; Gerger, A. et al. (Hrsg.): Digitalisierung und Standardisierung der Immobilienwirtschaft unter Anwendung von BIM (Building Information Modelling) am Beispiel eines Neubaus des BIO-Instituts in der HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Endbericht. buildingSMART Austria und Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, 2021.
- [27] Heid, S.; Deutschmann, D.: Vergaberechtliche Umsetzung von BIM-Projekten im BVerG 2017. In: Gary, G. (Hrsg.): BIM: Digitale Revolution und ihre Grenzen. Edition Immobilienwirtschaft. Linde Verlag, Wien, 2017, S. 33-59.
- [28] Heid, S.: Teil C: Rechtliche Aspekte einer openBIM-Umsetzung. In: Schranz, Ch.; Fischer, S.; Gerger, A. et al. (Hrsg.): Digitalisierung und Standardisierung der Immobilienwirtschaft unter Anwendung von BIM (Building Information Modelling) am Beispiel eines Neubaus des BIO-Instituts in der HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Endbericht. buildingSMART Austria und Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, 2021, S. 16-30.
- [29] Freund, J.; Rückner, B.; Henninger, T.: Praxishandbuch BPMN. Hanser Verlag, München, 2009.



Dipl.-Ing. Simon Fischer, BSc

simon.fischer@tuwien.ac.at

Foto: Maximilian Autengruber

Associate Prof. Dipl.-Ing.
Dr. techn. Christian Schranz,
M.Sc.

christian.schranz@tuwien.ac.at

Dipl.-Ing. Dr. techn.
Harald Urban, BSc

harald.urban@tuwien.ac.at

TU Wien, Zentrum Digitaler Bauprozess
Karlsplatz 13/234-01, 1040 Wien, Österreich