

Prozessanalyse

BIM-basierte Terminplangenerierung

BIM verspricht auch bei der Terminplanung der Bauausführung signifikante Mehrwerte. Doch eine breite Etablierung ist in der Praxis noch nicht angekommen. Die Autoren untersuchen die Gründe und geben mit einem Referenzprozess zur Implementierung Anreize.

Autoren: Silke Schönstedt, Fabian Geppert, Hans Christian Jünger

Wesentliche Hemmnisse führen dazu, dass modellgestützte Terminplanungsanwendungen nicht in der Breite der Baupraxis angekommen sind. Dazu zählen unter anderem das fehlende einheitliche Verständnis der Inhalte und Funktionen, die geringe Standardisierung der modellbasierten Terminplangenerierung sowie oftmals unklare Anforderungen an Prozessbeteiligte, Softwarelösungen und Anwendungsabläufe. Um diesem Umstand entgegenzuwirken, erfolgt im vorliegenden Beitrag eine genauere Betrachtung dieser Hemmnisse und von Voraussetzungen für eine BIM-basierte Terminplangenerierung mit möglichst hohem Automatisierungsgrad.

Reifegrade der BIM-gestützten Terminplangenerierung

Die rechnergestützte Terminplanung lässt sich hinsichtlich verschiedener Reifegrade differenzieren. Während eine digitale Terminplanung ohne Bezug auf ein Bauwerksinformationsmodell vorgenommen werden kann, beinhaltet eine modellgestützte Terminplanung eine ma-

nuelle oder regelbasierte Ableitung von Vorgängen und Verknüpfungen aus vorhandenen Modellinhalten. Die Verknüpfung von Vorgängen der Terminplanung mit den zugehörigen Modellelementen kann hierbei in verschiedenen Automatisierungsgraden erfolgen.

Bei einer teilautomatisierten Terminplangenerierung werden die erforderlichen Verknüpfungsregeln programmintern erstellt und sind auf weitere Projekte bedingt übertragbar. Sie beziehen sich beispielsweise auf wiederkehrende Prozessreihenfolgen bei der Fertigung, die aus den geometrischen und semantischen Attributen des Bauwerksinformationsmodells hervorgehen.

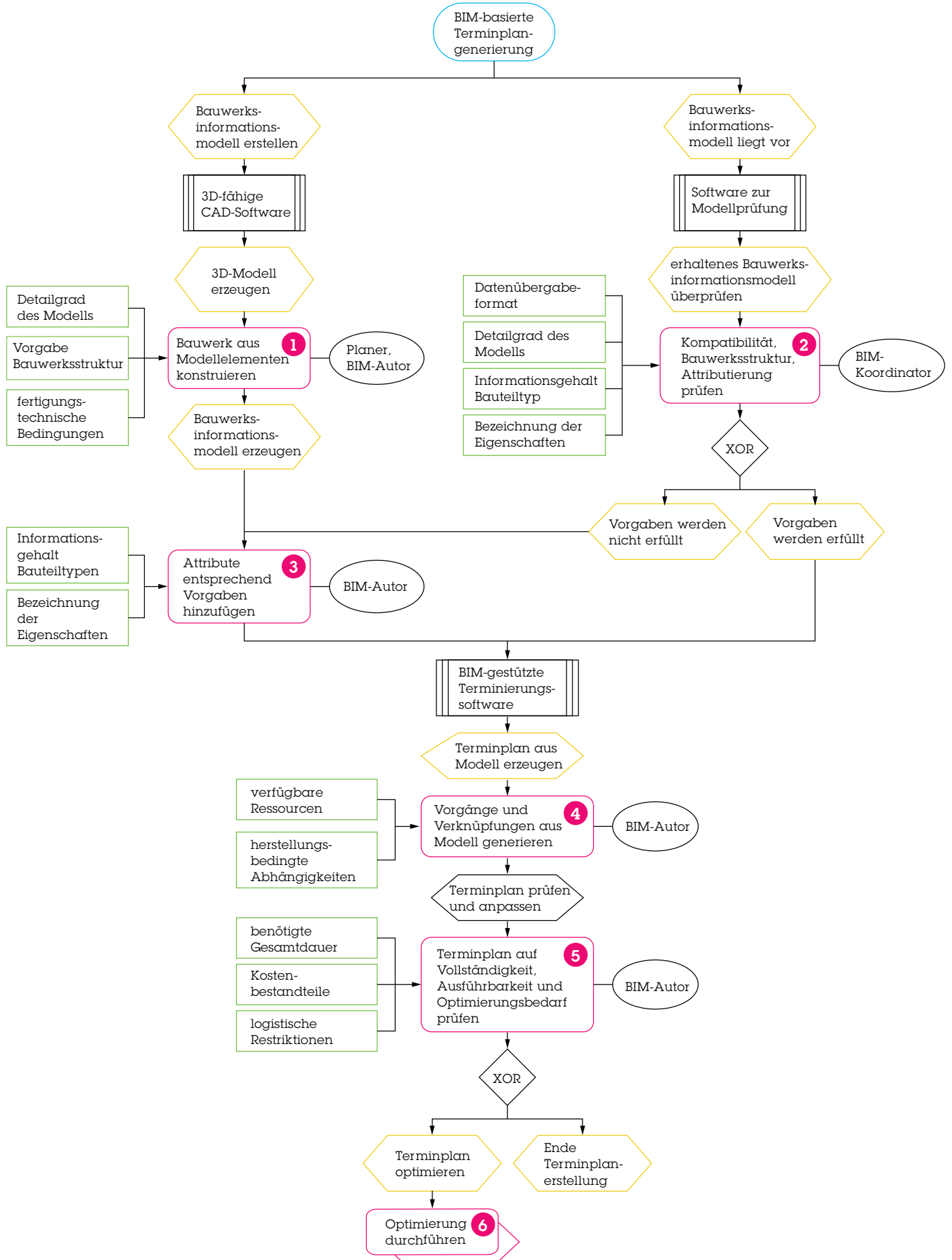
Die automatisierte Terminplangenerierung nimmt die Generierung des Bauablaufs weitestgehend eigenständig vor und leitet anhand der Interpretation von Inhalten aller Modellelemente und Objekte einen vollständigen Vorentwurf des Terminplans ab. Jedes Element wird dabei mit einem Vorgang abgebildet, welcher Verknüpfungen zu Vorgängern und Nachfolgern enthält und die aus der Mengenermittlung kalkulierte Vorgangsdauer beinhaltet. Dies kann die Erstellung unterschiedlicher Ausführungsvarianten ermöglichen, welche mittels Simulationen generiert und dem Anwender zur Auswahl zur Verfügung gestellt werden. Hierbei steht die Optimierung der Terminplanung unter Berücksichtigung der Vielzahl von Einflussfaktoren eines Bauvorhabens im Fokus.

Die Durchführbarkeit von teilautomatisierten oder automatisierten Terminplangenerierungen ist somit sowohl von den Inhalten des Bauwerksinformationsmodells als auch von der Informationsverarbeitung im Projektverlauf abhängig.

Hemmnisse bei der Implementierung einer BIM-basierten Terminplangenerierung

Bei der Implementierung BIM-basierter Terminplangenerierungen kann grundsätzlich zwischen technologischen, organisatorischen und wirtschaftlichen Hemmnissen unterschieden werden. Technologische Hemmnisse adressieren die begrenzte Funktionalität der eingesetzten Softwareprodukte sowie die Hindernisse beim Zusammenwirken von Terminplanungsoftware und Bauwerksinformationsmodell.

Organisatorische Hemmnisse beziehen sich wiederum auf fehlende Standardisierung, das notwendige Know-how und das grundsätzliche



Zusammenspiel zwischen den Prozessbeteiligten. Ausgehend von den technologischen und organisatorischen Hemmnissen ergeben sich letztlich wirtschaftliche Hemmnisse. Diese beziehen sich auf die Wirtschaftlichkeit des Anwendungsfalls und die daraus resultierende Skepsis gegenüber BIM-basierten Terminplanungsanwendungen. Im vorliegenden Artikel wird der Fokus auf die in Tabelle 1 dargelegten Teilaspekte der Implementierungshemmnisse gelegt.

Aufgaben und Ziele bei der BIM-basierten Terminplangenerierung (1. Teilaspekt)

Die Umsetzung einer möglichst automatisierten Terminplangenerierung anhand eines Bauwerksinformationsmodells basiert auf vorab zu definierenden Aufgaben und Zielen, welche

durch die BIM-Anwendung realisiert werden sollen. Die Festlegung dieser Aufgaben und Ziele erfolgt durch den Informationsbesteller und wird durch die Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) geregelt. Die AIA geben somit unter anderem vor, welchen Detailgrad der Terminplan aufzuweisen hat.

Nach Erhalt der AIA zählt es zu den Aufgaben des Auftragnehmers und Informationsbereitstellers, einen BIM-Abwicklungsplan (BAP) entsprechend den Anforderungen der AIA als BIM-Pflichtenheft zu entwickeln. Die BIM-Anwendung zur Terminplangenerierung deckt jedoch je nach Sichtweise des Bearbeiters unterschiedliche Funktionen ab. Die fehlende Definitionsgrundlage erschwert hierbei die Erarbeitung allgemeingültiger Anforderungen. Gerade deshalb ist die frühestmögliche Abstimmung der Erwartungshaltung und die

Tabelle 1:
Teilaspekte der Implementierungshemmnisse

Teilaspekte	Implementierungshemmnisse bei der BIM-basierten Terminplangenerierung	Zu klärende Fragestellungen aus Anwendersicht	Mögliche Vorgehensweise zur Überwindung der Hemmnisse
1.	Kein einheitliches Verständnis der Inhalte und Aufgaben der Prozessbeteiligten	Welche Inhalte und Aufgaben umfasst die BIM-basierte Terminplanung bei den einzelnen Prozessbeteiligten?	Bestimmung der Aufgaben und Ziele bei der BIM-basierten Terminplangenerierung
2.	Fehlende Standards für die Definition des Informationsbedarfs und Informationsgehalts des Bauwerksinformationsmodells	Welche Informationen müssen als Attribute im Bauwerksinformationsmodell für die Terminplanung vorliegen?	Definition der Mindestanforderungen an die Attributierung der Modellelemente für eine möglichst automatisierte Terminplangenerierung
3.	Geringe Akzeptanz und fehlende Übersicht bei der Wahl einer geeigneten Programm-anwendung beziehungsweise Softwarelösungen	Welche Anforderungen sind an die verfügbaren Anwendungen beziehungsweise Softwarelösungen gemäß Anwendungsprofil zu stellen?	Ermittlung der individuellen Anforderungen zur Wahl geeigneter Softwarelösungen anhand spezifischer Bewertungskriterien
4.	Nichtvorhandensein eines allgemeingültigen, standardisierten Arbeitsprozesses beziehungsweise Anwendungsablaufs	Welche Prozessschritte sind für eine erfolgreiche Durchführung einer BIM-basierten Terminplangenerierung mit hohem Automatisierungsgrad notwendig?	Entwicklung eines Referenzprozesses für die Anwendung der (teil-)automatisierten Terminplangenerierung aus Bauwerksinformationsmodellen

darauffolgende Bestimmung der Ziele und Aufgaben für eine praktikable Durchführung des Anwendungsfalls von entscheidender Bedeutung.

Anforderungen an das Bauwerksinformationsmodell (2. Teilaspekt)

Aus den Zielen der BIM-Anwendung leiten sich notwendige Anforderungen an die Gestaltung und Detaillierung des Bauwerksinformationsmodells ab. Bisher fehlen landesweit Festlegungen der zu modellierenden Inhalte in Abhängigkeit möglicher Anwendungsfälle. Das setzt projektinterne Regelungen zur Ausgestaltung des Detaillierungsgrads sowie der zu ergänzenden Attributierung aller Modellelemente voraus. Für die spätere Anwendung der Terminplangenerierung müssen die modellierten Bauteile so beschrieben werden, dass sich konstruktive, terminliche sowie kostenbezogene Informationen hieraus ableiten und interpretieren lassen.

Aus der Struktur des Bauwerksinformationsmodells wird programmintern die Struktur des Terminplans abgeleitet. Je feiner einzelne Modellelemente gegliedert sind, umso präziser kann der Terminplan erstellt werden. Großflächige Bauteile können entweder als Gesamtheit modelliert oder in einzelnen Abschnitten anhand konstruktiver oder ausführungsbedingter Unterteilungen dargestellt werden. Um zu ermöglichen, dass die Inhalte des Bauwerksinformationsmodells für die Terminplangenerierung verwendet werden können, sind zusätzlich technische Anforderungen hinsichtlich der Schnittstellen zu berücksichtigen.

Die Kompatibilität der Daten beeinflusst maßgebend die Realisierbarkeit der BIM-Anwendung, weshalb die zu verwendenden Dateiformate und Übergabeformate zwingend festgelegt werden sollten.

Kriterien zur Auswahl einer geeigneten Softwarelösung (3. Teilaspekt)

Die in der Praxis verwendeten Terminplanungsprogramme weisen unterschiedliche Funktionalitäten auf, wodurch sie je nach Anwendungsbedarf in unterschiedlichem Maße für die Durchführung einer BIM-basierten Terminplangenerierung sowie zur Darstellung und Überprüfung des geplanten Bauablaufs geeignet sind. In Abhängigkeit vom projekt- und unternehmensinternen Anforderungsprofil gilt



Fokus der Terminplanung kann auf Ausarbeitung der idealen Ausführungsvariante gelegt werden.

es somit, das geeignetste Programm zu wählen. In Tabelle 2 werden ausgewählte Anforderungen exemplarisch dargelegt und kategorisiert.

Elementare Faktoren, welche für die Durchführung des Anwendungsfall mindestens zu erfüllen sind, werden als Basisanforderungen bezeichnet. Anforderungen, welche in unterschiedlichen Umfängen erfüllt werden können, werden den Leistungsanforderungen zugeordnet. Begeisterungsanforderungen bilden zusätzliche Funktionen ab, welche den zu erwartenden Leistungsumfang des Anwendungsfalls erweitern, ohne die Grundfunktionalität negativ zu beeinflussen.

Die formulierten Anforderungen können für den Vergleich unterschiedlicher Programme als Bewertungskriterien angesetzt werden. In Abhängigkeit vom Erfüllungsgrad kann die Eignung einer Softwarelösung für die Realisierung des BIM-Ziels der Erstellung eines Terminplans aus vorliegenden Modelldaten ermittelt werden. Die Kriterien sind aus der Perspektive eines Anwenders als BIM-Autor und Informationsbereitsteller formuliert.

Referenzprozess zur BIM-basierten Terminplangenerierung (4. Teilaspekt)

Basierend auf den vorgenannten Anforderungen sowie den zu berücksichtigenden organisatorischen und technischen Begebenheiten wird nachfolgend ein Referenzprozess zur BIM-basierten Terminplangenerierung dargestellt (siehe Abbildung Seite 47).

Unter Berücksichtigung relevanter Zeitpunkte der Informationsübergabe und der erforderlichen Informationsbedarfstiefe ergibt sich der Referenzprozess als eine praktikable Handlungsempfehlung. Prozesse der konventionellen Terminplanung werden für die BIM-Anwendung weiterentwickelt und um neuartige, BIM-bezogene Rollenprofile ergänzt.

Der Referenzprozess bildet zwei mögliche Bearbeitungsstränge ab, welche zum einen auf einem eigens anzulegenden Bauwerksinformationsmodell und zum anderen auf einem vorliegenden, bereits erstellten Bauwerksinformationsmodell beruhen. Beide Stränge können sowohl innerhalb eines homogenen Projektteams als auch bei der Bearbeitung des Projekts durch unterschiedliche Institutionen auftreten. Die Auswahl und Betrachtung der Arbeitsabläufe sollten entsprechend dem jeweiligen Informationsstand zum Zeitpunkt der Bearbeitung erfolgen. ▶

Referenzprozess anhand der Kernstränge

Wird ein Bauwerksinformationsmodell erstellt, erfolgt die Modellierung basierend auf den Vorgaben zum Detailgrad des Modells unter Einsatz einer CAD-Software (Nummer 1).

Vorgaben zur Bauwerksstruktur sowie die Einhaltung fertigungstechnischer Rahmenbedingungen sollten frühzeitig zwischen Planern, Terminplanern und BIM-Autoren abgestimmt werden, da sich die Struktur des Bauwerksinformationsmodells maßgeblich auf die Struktur des Terminplans auswirkt. Notwendige Untergliederungen einzelner Elemente können dann bereits in der Planung umgesetzt werden und Bauteilgrenzen entsprechend fertigungstechnischen Bedingungen angepasst werden.

Die Attributierung erfolgt gemäß festgelegten Strukturen (Nummer 3). Bezeichnungen der Eigenschaften sollten einheitlich gewählt und über den gesamten Modellierungsprozess beibehalten werden. Wird das Bauwerksinformationsmodell durch unterschiedliche Bearbeiter erstellt, sollte ebenfalls eine einheitliche Struktur für den Aufbau der Attributierung vereinbart werden. Fehlende oder unklar definierte Attribute beeinträchtigen zudem die vollständige und fehlerfreie Ableitung des Terminplans. Zusätzlich sind Kollisionsprüfungen vorliegender (Teil-)Modelle durchzuführen, bevor die Bearbeitung für die Terminplangenerierung fortgesetzt wird.

Externe Modelle

Bei einer Modellerstellung durch externe Planer ist vermehrt auf die Kompatibilität des Modells sowie die Qualität und die Form der modellierten Inhalte zu achten (Nummer 2). Neben dem Datenübergabeformat beeinflussen demnach die Vorgaben zum Detailgrad des Modells sowie die daraus resultierende Modellierung und Attributierung der einzelnen Elemente die Weiterverwendbarkeit.

Entsprechen die Inhalte des vorliegenden Bauwerksinformationsmodells nicht den notwendigerweise vorhandenen Informationen, ist die Nachbearbeitung des Modells zwingend erforderlich (Nummer 3). Die Anpassungen können Art und Umfang der Attributierung von Bauteilen und Bauteiltypen betreffen oder die Aufteilung und Änderung einzelner Modellelemente hinsichtlich der Geometrie umfassen.

Liegen alle relevanten Informationen innerhalb des Bauwerksinformationsmodells in ge-



Silke Schönstedt (M. Sc.) ist Projekt-ingenieurin Zentrale Technik, Lean Construction Process Management bei der Ed. Züblin AG.



Fabian Geppert (M. Sc.) ist Akademischer Mitarbeiter beim Institut für Baubetriebslehre der Universität Stuttgart



Prof. Dr.-Ing. Hans Christian Jünger ist Leiter des Instituts für Baubetriebslehre der Universität Stuttgart

eigneter Form vor und sind die Nachbearbeitungen nach Überprüfung abgeschlossen, kann das Modell zur (teil-)automatisierten Generierung eines Terminplans verwendet werden. Unter Verwendung der BIM-gestützten Terminplanungssoftware können anschließend Vorgänge und Vorgangsverknüpfungen aus dem Bauwerksinformationsmodell abgeleitet werden. Hierbei wird für jedes modellierte Element ein eigener Vorgang im Terminplan angelegt. Durch die Interpretation der Attributierung sowie unter Berücksichtigung angrenzender oder konstruktiv-abhängiger Bauteile werden außerdem Verknüpfungen zu Vorgängen und Nachfolgern erstellt (Nummer 4).

Vergleich von Ausführungsvarianten

Eine umfangreiche und aussagekräftige Attributierung der Modellelemente ist entscheidend, um die fertigungstechnischen und organisatorischen Randbedingungen für die Erstellung der Vorgangsstruktur abbilden zu können. Durch die Vorgabe verfügbarer Ressourcen, wie beispielsweise Personal und Geräte, können weitere Randbedingungen der Terminplanung im Programm dargestellt werden. Die (teil-)automatisierte Umsetzung der Terminplanung ermöglicht es BIM-Autoren und Terminplanern, Anpassungen und Änderungen einzelner Faktoren direkt digital einzuarbeiten, um Auswirkungen und mögliche Ausführungsvarianten gezielt zu untersuchen und zu vergleichen.

Der erstellte Terminplan ist abschließend durch den BIM-Autor oder Terminplaner auf Vollständigkeit, Ausführbarkeit und Optimierungsbedarf zu prüfen (Nummer 5). Obwohl ein hoher Automatisierungsgrad bei der Terminplanerstellung einige elementare und zeitaufwändige Arbeitsschritte der Terminplanung übernimmt, liegt die Verantwortung für die Richtigkeit der entwickelten Inhalte weiterhin in den Händen der BIM-Autoren beziehungsweise Terminplaner.

Fazit und Ausblick

Die (teil-)automatisierte Terminplangenerierung aus Bauwerksinformationsmodellen bietet bei Überwindung der dargelegten Implementierungshemmnisse großes Potenzial. Der grundlegende Vorteil einer BIM-basierten Terminplangenerierung mit hohem Automatisierungsgrad liegt hierbei in der Reduzierung der Arbeitsschritte zwischen der Modellierung des

Tabelle 2:
Funktionalitätskriterien zur Wahl einer geeigneten Softwarelösung

Art	Anforderungen
Basis-anforderungen	▪ Digitale Terminplanung ▪ Import von Modelldaten ▪ Verknüpfung zwischen BIM-Modell und Terminplan
Leistungs-anforderungen	▪ Erstellen von Vorgängen aus Modellelementen ▪ Erstellen von Verknüpfungen anhand von Attributen ▪ Anpassung bzw. Bearbeitung des Terminplans ▪ Berechnung der Vorgangsdauern ▪ Aktualisierung der Modellgrundlage ▪ Dokumentation des Ist-Ablaufs ▪ Visualisierung des Bauablaufs ▪ Variantenuntersuchung des Bauablaufs ▪ Weiterverwendung der Ergebnisse (zum Beispiel durch Datenbanküberführung) ▪ Verständlichkeit und Übersichtlichkeit des generierten Terminplans ▪ Verständnis der Benutzeroberfläche ▪ Erforderliche Hardware ▪ Erforderliche Vorkenntnisse des Anwenders ▪ Gegebenenfalls notwendige Programmierkenntnisse
Begeisterungs-anforderungen	▪ Modellprüfung und Kollisionsprüfung ▪ Unterteilen von Modellelementen ▪ Cloudbasiertes Arbeiten ▪ Optimierung des generierten Terminplans ▪ Darstellung der Kosten in Abhängigkeit von der Zeit ▪ Darstellung von temporären Elementen (zum Beispiel Baustelleneinrichtung, Logistik)

Bauwerks und der Erstellung von verknüpften Vorgangsreihenfolgen.

Während bei konventionellen Terminplanungsanwendungen Informationen mehrfach eingegeben und aufwändig aktualisiert werden müssen, ermöglicht eine (teil-)automatisierte Terminplangenerierung eine Reduzierung des Arbeitsaufwands durch die Einbindung des Bauwerksinformationsmodells. Dadurch kann der Fokus der Terminplanung auf die Ausarbeitung der idealen Ausführungsvariante und Fertigungsprozesse gelegt werden – einer optimalen Ressourcenkombination von Material, Arbeitskraft und Zeit. Die im Artikel dargelegten Anforderungen und der daraus abgeleitete Referenzprozess können in diesem Kontext als Ausgangspunkt für die Implementierung herangezogen werden.

Ausgehend vom Status quo bestehen weitergehende Potenziale der automatisierten Ter-

minplangenerierung bei der Optimierung der Baufertigung durch die Ermittlung unterschiedlicher Ausführungsvarianten.

Während ein Großteil der etablierten Programme zur BIM-gestützten Terminplangenerierung auf der Netzplantechnik basieren, versprechen KI-gestützte Ansätze zukünftig eine fundiertere Entscheidungsunterstützung. Hierbei ziehen lernende Algorithmen Vergleichsdaten bereits realisierter Projekte für die Ableitung der Vorgangsstrukturen und -dauern heran. Damit lassen sich insbesondere Standardlösungsansätze und Ausführungsvarianten für den zu erstellenden Terminplan generieren.

Die Fortführung dieser Entwicklung kann den Nutzen der BIM-gestützten Terminplanung weiter verstärken und als Chance für die breitflächige Implementierung der automatisierten Terminplangenerierung gesehen werden. ■



KI-gestützte Ansätze versprechen fundiertere Entscheidungsunterstützung.