

# Bauwirtschaft

Markt | Management | Recht

## HERAUSGEBER

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Matthias Sundermeier,  
Technische Universität Berlin

Prof. Dr.-Ing. Heiko Meinen,  
Hochschule Osnabrück

## AUS DEM INHALT

Alexander Kappes/Paul Christian John

**Mehr Produktivität durch digitalisierte Prozesse im  
Projektmanagement**

Seite 1

Klaus Eschenbruch/Dominik Groß/Markus König

**Auf dem Weg zum digitalen Bauvertrag – Automati-  
sierung des Zahlungsverkehrs im Bauwesen mittels BIM  
und Smart Contracts (BIMcontracts)**

Seite 7

Isabel Fürst/Sabine Gomolka/Lisa Theresa Lenz/Mike Gralla

**Digitalisierung im Nachtragsmanagement**

Seite 21

Klaus Hauser

**Beidhändigkeit in der Projektsteuerung**

Seite 31

Dirk Rogel

**Komplexitätsbeherrschung als Projektmanagement-  
aufgabe? – Erfahrungen aus dem Anlagenbau**

Seite 36

Lisa Theresa Lenz

**Bewertungssystem zur Entscheidungsunterstützung  
für Fabrik Anpassungsprozesse auf Basis von Building  
Information Modeling**

Seite 48

Svenja Oprach/Shervin Haghsheho

**SDaC („Smart Design and Construction“) –  
Die KI-Plattform für die Bauwirtschaft**

Seite 49



Heft 1  
März 2020  
Seiten 1-52  
5. Jahrgang  
Art.-Nr. 24532001  
ISSN 2509-8594

# 1

Werner Verlag

# Digitalisierung im Nachtragsmanagement

## Potenziale zur Effizienzsteigerung am Beispiel der Erstellung eines Bauzeitnachtrags

Isabel Fürst, M.Sc., TU Dortmund

Dipl.-Ing. Sabine Gomolka, TU Dortmund

Dr.-Ing. Lisa Theresa Lenz, M.Eng. TU Dortmund

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Mike Gralla, TU Dortmund

Alle Lehrstuhl Baubetrieb und Bauprozessmanagement

### 1. Einleitung

Mehrkosten, die aus bauzeitlichen Störungen resultieren, können sich auf 30 – 50 % der geplanten Baukosten belaufen und haben somit eine hohe wirtschaftliche Relevanz.<sup>1</sup> Die Erstellung eines Bauzeitnachtrags stellt eine komplexe Aufgabenstellung dar. Dabei ist zum einen ein großes Spektrum an Fachwissen sowohl aus baubetrieblichen als auch baurechtlichen Gebieten notwendig und zum anderen eine Vielzahl an Informationen als Basis für die Analyse der Umstände, die zu einer Bauzeitenverlängerung führten, erforderlich. Dementsprechend ist in diesem Zusammenhang die Fachkompetenz der Bearbeiter des Nachtrags als auch die Qualität der Informationen von essentieller Bedeutung.

Durch digitale Methoden ist eine Unterstützung der Mitarbeiter durch Assistenzsysteme in Form diverser Softwarelösungen zur Datenerhebung, -speicherung und -analyse grundlegend möglich. Dies kann zu einer Verminderung der Risiken durch die Vermeidung von Fehlern und eine Erhöhung der Produktivität führen. Als Fundament dafür sind jedoch die relevanten Informationen in Form von Daten obligatorisch. Diese existieren mitunter entweder gar nicht (z.B. ausreichende Dokumentation) oder liegen in verschiedenen Formen (analog, digital) und Dateiformaten vor.

Eine Vielzahl von unterschiedlichen Dateiformaten bedingt gleichzeitig die Notwendigkeit einer effizienten Datenaustauschmöglichkeit, welche in vielen Fällen nicht ausreichend gegeben ist. Darüber hinaus führt eine Übertragung von Informationen in Form von Daten von Softwareanwendung zu Softwareanwendung automatisch zu Schwachstellen in der Datenintegrität, wie bspw. im Falle einer manuellen Übertragung, die ein erhöhtes Risiko von Übertragungsfehlern birgt.

Im vorliegenden Artikel wird dementsprechend in Kapitel zwei mit einer Informations- und Prozessanalyse für einen Bauzeitnachtrag ermittelt, welche Informationsanforderungen bestehen und in welchen Prozessen diese verarbeitet werden. Darauf folgt im dritten Kapitel eine Einführung in den Themenbereich Digitalisierung. Es werden die Entwicklungsschritte einer Datenbasis erläutert und verschiedene digitale Methoden, wie die Building Information Modeling Methode und die automatisierte Aufnahme von Daten mittels Sensorik vorgestellt.

Im vierten Kapitel erfolgt schließlich die Symbiose der Informations- und Prozessanalyse für einen Bauzeitnachtrag mit digitalen Methoden. So wird die erforderliche Datenbasis anhand der dafür notwendigen Entwicklungsschritte für einen Bauzeitnachtrag vorgestellt und mit den dafür erforderlichen Prozessen vereint. Die daraus resultierenden wesentlichen Erkenntnisse werden konzeptionell in einen digitalen Bauzeitnachtrag überführt. Der Artikel schließt mit einem Ausblick innerhalb dessen die zukunftsweisende Technologie cyber-physische Systeme aufgegriffen wird.

Weniger Risiken  
durch digitale  
Lösungen

<sup>1</sup> Vgl. Roquette, A.; Viering, M.; Leupertz, S.: Handbuch Bauzeit, 3. Aufl., Werner Verlag, Wolters Kluwer Deutschland GmbH, Köln (2016). S. VII; Vgl. Gnerlich, R.: Whitepaper zum Vortrag BIM-basierte Nachweisverfahren für baubetriebliche Gutachten über Bauzeitnachträge, 2019, S. 1.

## 2. Informations- und Prozessanalyse für einen Bauzeitnachtrag

Für die Betrachtung der möglichen Potenziale im Kontext des Einsatzes diverser Digitalisierungstechnologien und -methoden werden folgend zum einen die dafür notwendigen Informationen analysiert und darauf basierend die damit einhergehenden Prozessschritte zur Erstellung eines Bauzeitnachtrags aufgezeigt.

### 2.1 Informationsanforderungen an einen Bauzeitnachtrag

Leitsätze diverser ober- bzw. höchstrichterlicher Rechtsprechung beziehen sich hinsichtlich der Informationsanforderungen seit Jahren immer wieder auf den sogenannten Kausalitätsnachweis, also den Nachweis, dass eine Einwirkung – welcher Art auch immer – auf den Bauablauf zu welcher konkreten – also im tatsächlichen Bauablauf ablesbaren Auswirkung geführt hat. Die Informationsanforderungen für die Erstellung eines Bauzeitnachtrags müssen sich insbesondere an den vom Bundesgerichtshof geforderten Mindestanforderungen für einen durchsetzbaren Bauzeitnachtrag messen lassen.<sup>2</sup> Die Anforderungen an die notwendigen Informationen ergeben sich somit aus der vom BGH geforderten schlüssigen Darlegung der durch die Pflichtverletzung des Auftraggebers verursachten Behinderung, welche zu einer Bauzeitverlängerung führt und dementsprechend ein Bauzeitnachtrag erforderlich wird. Hierbei ist seitens des Auftragnehmers eine konkrete, bauablaufbezogene Darstellung der jeweiligen Behinderung unumgänglich. So ist der Auftragnehmer in der Pflicht anhand seiner Informationen eine aussagekräftige Dokumentation zu generieren, aus welcher sich die Behinderung sowie deren Dauer und Umfang ergibt.<sup>3</sup>

Vor diesem Hintergrund stellt sich somit an die Informationsanforderungen die übergeordnete Frage, welche Unterlagen bzw. Informationen benötigt werden, um einen einzelfallspezifischen Nachweis des adäquat kausalen Zusammenhangs zwischen Ursache, des Behinderungsereignisses selbst, und Wirkung, das durch die Behinderung im tatsächlichen Bauablauf ausgelöste Ereignis, der einzelnen Behinderungen darlegen zu können. Die Basis für die jeweiligen Informationen liefern hierbei übergeordnet für das Bau-Soll die Vertragsunterlagen, welche im Wesentlichen aus dem Bauvertrag, der Leistungsbeschreibung, dem Vertragsterminplan, der Vertragskalkulation, den Planunterlagen sowie weiterer im Einzelfall für das Bau-Soll relevanter Unterlagen (z.B. Baugrundgutachten) bestehen. Für das Bau-Ist können die jeweiligen Informationen im Wesentlichen aus dem Schriftverkehr, den Protokollen, den Bautagesberichten, den fortgeschriebenen Terminplänen, den Ausführungs- und Montageplänen, den Leistungsnachträgen sowie weiterer im Einzelfall für das Bau-Ist relevanter Unterlagen (z.B. juristische Stellungnahmen) generiert werden.

Die sich aus den Unterlagen ergebenden Informationen können grundlegend in quantitative und qualitative Informationen klassifiziert werden. Quantitative Informationen können weiter in zeitbezogene und kostenbezogene Informationen differenziert werden. Qualitative Informationen sind dagegen das Projekt beschreibende Informationen, siehe Abb. 1 auf der nächsten Seite.

### 2.2 Prozesse bei der Erstellung eines Bauzeitnachtrags

Die Erstellung eines Bauzeitnachtrags lässt sich übergeordnet in fünf Hauptprozesse gliedern (vgl. Abbildung 2). Hierbei stellt der erste Hauptprozess, der sogenannte Vorlauf, einen vorgelagerten Arbeitsschritt dar, in welchem die unter Kapitel 2.1 aufgeführten Unterlagen bzw. Informationen zunächst auf Vollständigkeit und Qualität geprüft werden. Bereits in diesem Arbeitsschritt ist es i.d.R. erforderlich mit den einzelnen Projektbeteiligten Rücksprache zu halten, um ggf. einzelne fehlende oder ergänzende Informationen anzufordern. Im zweiten Hauptprozess werden die Grundlagen für den Bauzeitnachtrag, in Form einer Beschreibung der Aufgabenstellung, einer Projektbeschreibung und diversen Angaben zu Besonderheiten, dem Bauvertrag etc. dargestellt.

Aussagekräftige  
Dokumentation  
durch den  
Auftragnehmer

Notwendige  
Unterlagen

Erster und zweiter  
Hauptprozess

<sup>2</sup> BGH, Urt. v. 24.02.2005 – Az. VII ZR 141/03, BauR 2005, 857 = IBR 2005, 246 = ZFLR 2005, 496.

<sup>3</sup> BGH, Urt. v. 24.02.2005 – Az. VII ZR 141/03, BauR 2005, 857 = IBR 2005, 246 = ZFLR 2005, 496; ebenso BGH, Urt. v. 24.02.2005 – Az. VII ZR 225/03, BauR 2005, 861 = IBR 2005, 243, 247 und 254 = ZFLR 2005, 500, und bereits zuvor BGH, Urt. v. 20.02.1986 – Az. VII ZR 286/84, BauR 1986, 347.

	BAU-SOLL		BAU-IST		
	Quantitative Informationen	Qualitative Informationen	Quantitative Informationen	Qualitative Informationen	
<b>Bauvertrag</b>	Datum Vertrag Baubeginn Bauende Zwischentermine Vergütung Vertragsstrafe	Rangfolge der Vertragsbestandteile Projektspezifische Besonderheiten Regelung Schlechtwetter / Winterbau Regelung Zahlungen	Bedenkenanmeldung (Datum) Behinderungsanzeige / -abmeldung - Datum - Beginn/Ende/Dauer der Störung Sonstiger Schriftwechsel (Datum)	Bedenkenanmeldung (Sachverhalt) Behinderungsanzeige & -abmeldung - betroffene Vorgänge - Begründung Sonstiger Schriftverkehr	<b>Schriftverkehr</b>
<b>Leistungsbeschreibung</b>	Leistungsverzeichnis: OZ Leistungsverzeichnis: Mengen & -einheiten	Vollständigkeit Baubeschreibung Regelung Schlechtwetter / Winterbau Beschreibung der Positionen/Teilleistungen	Datum Teilnehmer bzw. Verteiler Nummerierung	Inhalt	<b>Protokolle</b>
<b>Vertrags-terminplan</b>	Datum der Erstellung Baubeginn Bauende Zwischentermine Dauer der Vorgänge	Vollständigkeit Abhängigkeitsbeziehungen	Datum Wetterdaten Angabe zu Arbeitskräften / Geräten	Ausgeführte Leistungen & Zuordnung Terminplan Bauteil Ggf. besondere Vorkommnisse	<b>Baures-berichte</b>
<b>Vertragskalkulation</b>	Mengen & -einheiten Aufwandswert (AW) / Leistungswert (LW) Einzelkosten der Teilleistungen Gemeinkosten Einheitspreis (EP) / Gesamtpreis (GP) Nachlässe	Vollständigkeit	Datum Index Dauer der Vorgänge Fortgeschriebenes Bauende bzw. Zwischentermine	Vollständigkeit Abhängigkeitsbeziehungen	<b>Fortgeschriebene Terminpläne</b>
<b>Vertrags-pläne</b>	Datum der Erstellung Index	Bauteil Aufsteller Vollständigkeit	Datum Nummer Kalkulation	Leistungsverzeichnis Inhalt bzw. Begründung	<b>Nachträge</b>
			Datum der Erstellung Index	Bauteil Aufsteller Vollständigkeit	<b>Pläne (Ausführung /Montage)</b>

zeitbezogen  
kostenbezogen  
Projekt beschreibend

Abbildung 1: Informationsarten für einen Bauzeitnachtrag

Der dritte Hauptprozess wird als Störungsanalyse bezeichnet und stellt einen wesentlichen Arbeitsschritt zur Darstellung des adäquat kausalen Nachweises dar. Dieser Arbeitsschritt lässt sich in eine grobe Störungsanalyse, mit welcher der globale Störungsverlauf erläutert wird und eine Einzelstörungsanalyse, in der die konkrete bauablaufbezogene Darstellung der jeweiligen Behinderungen erfolgt, differenzieren. Im Ergebnis dieser Analyse stehen der Beginn, das Ende sowie die Dauer der jeweiligen Störung und ihrer Auswirkung auf den Bauablauf unter Abgrenzung weiterer sich überlagernder sowie innerbetrieblicher Störungen, fest.<sup>4</sup> Dieses Ergebnis stellt die notwendigen Grundlagen für den vierten Hauptprozess dar.

Dritter Hauptprozess: Störungsanalyse

Das Resultat des vierten Hauptprozesses „Terminplanung“ besteht in der Ermittlung des Bauzeitverlängerungsanspruchs. Hierfür ist im Vorfeld eine Überprüfung des als Basis zugrunde zulegenden Vertragsterminplans hinsichtlich seiner Auskömmlichkeit erforderlich. Die Verifizierung der Auskömmlichkeit der im Vertragsterminplan und der Vertragskalkulation des Auftragnehmers verwendeten Zeitanätze ist die Basis einer jeden Überprüfung von Ansprüchen aus Bauzeitverlängerungen. Im Rahmen der Auskömmlichkeitsprüfung wird vor der Bewertung des Bauablaufs sichergestellt, dass die Durchführung der Baumaßnahme, wie sie vom Auftragnehmer angeboten und zuvor in Bezug auf die Terminplanung und Wirtschaftlichkeit geplant wurde, grundlegend umsetzbar war.

Vierter Hauptprozess: Terminplanung

<sup>4</sup> Ein Vorschlag für eine detailliertere Gliederung eines Bauzeitnachtrags und die Darstellung eines Mindestvortrags kann der Veröffentlichung von Tiesler, A.; Gnerlich, R.; Möhring, F.; Franz, V.; Baubetriebliche Gutachten – Mysterium zur Wahrheits- und Entscheidungsfindung – oder ein Dinosaurier aus der analogen Welt?, Aktuelle Entwicklungen in Baubetrieb, Bauwirtschaft und Bauvertragsrecht, 50 Jahre Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft der TU Graz, (Hrsg.) Hofstadler, Springer Vieweg, Wiesbaden, (2019) entnommen werden.



Fünfter Hauptprozess: Vergütung

Abschließend wird im fünften Hauptprozess „Vergütung“ resultierend aus den Ergebnissen der vorherigen Prozesse, die auf einer Analyse der relevanten Informationen basieren, der Vergütungsanspruch ermittelt.

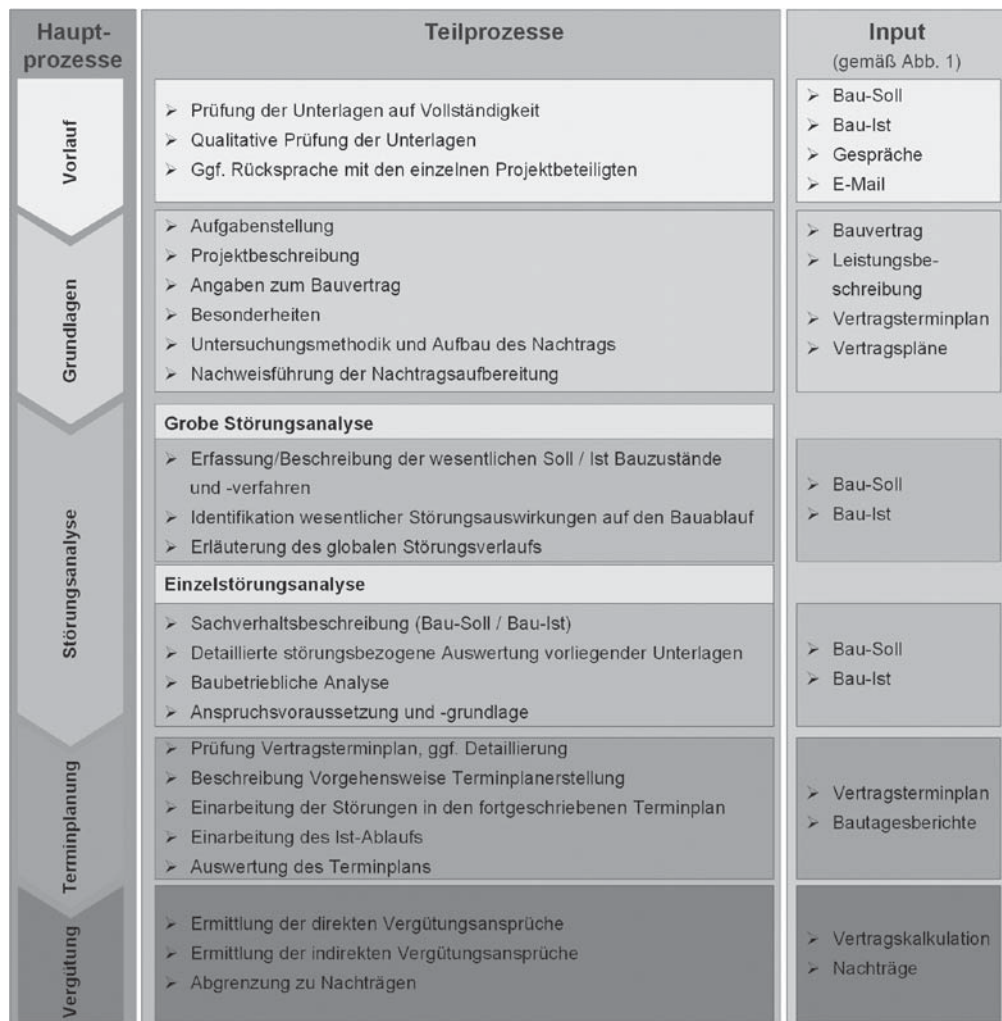


Abbildung 2: Prozesse bei der Erstellung eines Bauzeitnachtrags<sup>5</sup>

Als Herausforderungen bei der Erstellung baubetrieblicher Gutachten im Allgemeinen wird häufig die Verbindlichkeit und die Qualität des geplanten Bauablaufs (Soll) sowie die Projektdokumentation (Ist) genannt, da diese die Basis für Soll-Ist-Vergleiche darstellen. In diesem Zusammenhang wird eine mangelhafte Qualität der Informations- bzw. Datengrundlage diskutiert, da bspw. häufig kein Vertragsterminplan vorliegt, der den Soll-Bauablauf (ungestörter Bauablauf) zum Zeitpunkt des Vertragsabschlusses dokumentieren soll. Darüber hinaus genügt der vereinbarte Vertragsterminplan häufig nicht den baubetrieblichen Anforderungen zum Kausalitätsnachweis von Bauablaufstörungen, zum Beispiel durch eine zu geringe Detailtiefe aufgrund fehlender Informationen über Abhängigkeitsbeziehungen oder Kapazitätseinsätze.<sup>6</sup>

5 Vgl. Würfele, F.; Gralla, M.; Sundermeier, M.: Nachtragsmanagement – Leistungsbeschreibung, Leistungsabweichung, Bauzeitverzögerung, 2. Aufl., Köln; Werner Verlag/Wolters Kluwer Deutschland GmbH (2012), S. 454 f.

6 Vgl. Tiesler, A.; Gnerlich, R.; Möhring, F.; Franz, V.; Baubetriebliche Gutachten – Mysterium zur Wahrheits- und Entscheidungsfindung – oder ein Dinosaurier aus der analogen Welt?, Aktuelle Entwicklungen in Baubetrieb, Bauwirtschaft und Bauvertragsrecht, 50 Jahre Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft der TU Graz, (Hrsg.) Hofstadler, (2019), S. 126 f.; Vgl. Kumlehm, F.: Problemfelder bei der Bewertung von Bauablaufstörungen, Schriftenreihe IBB – Beiträge zum Braunschweiger Baubetriebsseminar vom 14.02.2003 – Sonderfragen des gestörten Bauablaufs – Heft 35. (Hrsg.) Wanninger, S. 1–34, (2003), S. 13; Vgl. Wanninger, R.: Der Bauzeitenplan – Arbeitswerkzeug oder nur Rüstung für

Der Trend zu digitalisierten Baustellen und die damit verbundene Verfügbarkeit von Informationen in Form von elektronischen Daten werden sich langfristig auf die Erstellung von baubetrieblichen Gutachten auswirken.<sup>7</sup> Eine Definition und die damit zusammenhängenden Prozesse sowie verschiedene digitale Methoden werden im folgenden Kapitel näher betrachtet.

### 3. Digitalisierung und die Bedeutung von Daten

In einer digitalen Wirtschaft werden Informations- und Kommunikationstechnologien zur Automatisierung betrieblicher Prozesse miteinander vernetzt und insbesondere auch neue Produkte oder Dienstleistungen entwickelt. Das übergeordnete Ziel ist die Steigerung der Effizienz und damit der Wertschöpfung. Notwendige Veränderungen zur Erreichung der Ziele im Rahmen der Digitalisierung werden unter dem Begriff digitale Transformation subsumiert.<sup>8</sup>

Die Basis für eine digitale Transformation ist in einer effizienten Nutzung von Daten sowie der Anwendung digitaler Werkzeuge zur Sicherstellung der Datenqualität, effizienten Datenerzeugungsmethoden, einem geeigneten Datenmanagementkonzept und dem Einsatz effektiver Datenanalysemethoden zu identifizieren.<sup>9</sup>

Der Begriff Daten wird grundlegend mit der Repräsentation von Informationen in Form von Nullen und Einsen definiert. Hierbei ist es von elementarer Bedeutung, die Repräsentation der Informationen so zu wählen, dass aus den Daten auch wieder die repräsentierte Information zurückgewonnen werden kann. Dieser Prozess der Interpretation von Daten als Information wird daher als Abstraktion bezeichnet.<sup>10</sup> Eine weitergehende Definition beschreibt Daten auch als formalisierte Darstellung von Informationen, geeignet zur Kommunikation, Interpretation oder Verarbeitung.<sup>11</sup> Die damit einhergehenden Prozesse zur Entwicklung einer Datenbasis können in fünf Schritten (vgl. Abbildung 3) beschrieben werden.

Im ersten Schritt werden die, für die Erreichung der Zieldefinition, erforderlichen Datenqualitätsanforderungen definiert. Der Begriff Datenqualität beschreibt in diesem Sinne die Eignung von Daten, die Realität abzubilden, deren Verlässlichkeit und inwiefern diese als Basis für eine Planung des eigenen Handelns zur Anwendung kommen können. Somit ist die Datenqualität von zentraler Bedeutung, da auf Basis von Daten Entscheidungen getroffen werden und diese dementsprechend einen direkten Einfluss auf die jeweilige Entscheidungsfindung haben. Folglich kann eine Korrelation zwischen Daten- und Entscheidungsqualität festgestellt werden, wobei im Rahmen der Entscheidungsqualität auch die Interpretation der Daten in Form der Kausalität zu berücksichtigen ist.<sup>12</sup>

Im zweiten Schritt werden die Daten unter Berücksichtigung der Datenqualitätsanforderungen erzeugt. Datenerzeugungsmethoden können in zwei Kategorien, die manuelle Erzeugung von Daten (z.B. durch händische Eingabe in eine Softwareanwendung) und automatische Datenerzeugungsmethoden unterteilt werden.

Definition von Daten

Begriff & Bedeutung der Datenqualität

Konflikte?, Schriftenreihe IBB – Beiträge zum Braunschweiger Baubetriebsseminar vom 24.02.2012 – Die „bauablaufbezogene Untersuchung“ als Maß der Dinge – Heft 52. (Hrsg.) Wanninger, S. 1–18, Braunschweig, Verlag Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb der Technischen Universität Braunschweig (2012), S. 6; ähnlich Roquette, A.; Viering, M.; Leupertz, S.: Handbuch Bauzeit, 3. Aufl., (2016). S. VII; Vgl. Gnerlich, R.: Whitepaper zum Vortrag BIM-basierte Nachweisverfahren für baubetriebliche Gutachten über Bauzeitnachträge (2019), Rdn. 535.

7 Vgl. Tiesler, A.; Gnerlich, R.; Möhring, F.; Franz, V.; Baubetriebliche Gutachten – Mysterium zur Wahrheits- und Entscheidungsfindung – oder ein Dinosaurier aus der analogen Welt?, Aktuelle Entwicklungen in Baubetrieb, Bauwirtschaft und Bauvertragsrecht, 50 Jahre Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft der TU Graz, (Hrsg.) Hofstadler, (2019), S. 134; Vgl. Eschenbruch, K.; Gerstberger, R.: Zeitwende für baubetriebliche Gutachten, Bauwirtschaft – Markt, Management, Recht, Heft 1, S. 45–56 (2018), S. 52 f.

8 Vgl. Bitkom e.V. (2016): Whitepaper Digitale Prozesse, online verfügbar unter: <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/160803-Whitepaper-Digitale-Prozesse.pdf>, aufgerufen am 09.07.2019, (2016), S. 8.

9 Vgl. Gralla, M.; Lenz, L.: Datenkomposition im Spezialtiefbau mit BIM, Schriftenreihe des Lehrstuhls Grundbau, Boden- und Felsmechanik, Herausgeber: Tom Schanz, Heft 66, Beiträge zum RuhrGeo Tag, Bochum (2018), S. 2.

10 Vgl. Drossel, W.-G.; Ihlenfeldt, S.; Langer, T.; Dumitrescu, R.: Cyber-Physische Systeme, in: Reimund Neugebauer (Hrsg.): Digitalisierung. Schlüsseltechnologien für Wirtschaft und Gesellschaft, 1. Aufl. (Fraunhofer-Forschungsfokus), S. 196–222 (2018), S. 213.

11 Vgl. Gumm, H.-P.; Sommer, M.: Einführung in die Informatik. 10. Aufl., (2013), S. 4.

12 Vgl. VDI-Richtlinie 2552, 06.2018: VDI 2552, Blatt 2, Entwurf, Building Information Modeling, Begriffe (2018), S. 5.

thoden (z.B. Sensorik) unterschieden werden. Die ersten beiden Schritte stellen die Grundlage für die Verarbeitung der Daten in den nächsten Schritten dar.

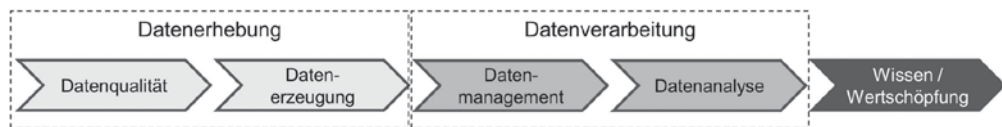


Abbildung 3: Entwicklungsschritte einer Datenbasis zur Ableitung von Wissen und Wertschöpfung<sup>13</sup>

Der dritte Schritt beschreibt Datenmanagementkonzepte. In diesem Bereich werden häufig Datenbankmanagementsysteme eingesetzt, in welchen die Daten kategorisiert und gespeichert werden. Datenbanken bilden die Basis für nahezu alle Softwaresysteme und sind demnach für die Datenverarbeitung von enormer Bedeutung und stellen die Basis für Schritt vier, die Datenanalyseverfahren, dar. Diese werden zur automatisierten Erzeugung von Erkenntnissen bzw. Wissen aus Daten eingesetzt und reichen von Video- bzw. Audioanalysen, bei denen multimediale Inhalte ausgewertet werden, bis hin zu Machine Learning Verfahren, im Rahmen derer Softwareanwendungen Wissen durch iterative Verfahren im Rahmen von Softwareanwendungen erweitern und dieses somit optimiert und erhöht wird.<sup>14</sup> Im fünften und letzten Schritt wird im Ergebnis Wissen aus den analysierten Daten gewonnen, das bspw. zur Entscheidungsunterstützung, Erfahrungssicherung oder Risikominimierung genutzt werden kann.

### 3.1 Building Information Modeling

Das Akronym BIM subsumiert die Elemente Building (das Bauwerk), Information (die Informationen) sowie Modeling/Management (die Reproduktion bzw. Modellierung dieser oder auch deren Management). Dementsprechend definiert sich „Building Information Modeling (BIM) als eine Planungsmethode im Bauwesen, die die Erzeugung und die Verwaltung von digitalen, virtuellen Darstellungen der physikalischen und funktionalen Eigenschaften eines Bauwerks beinhaltet. Die Bauwerksmodelle stellen dabei eine Informationsdatenbank rund um das Bauwerk dar, um eine verlässliche Quelle für Entscheidungen während des gesamten Lebenszyklus zu bieten; von der ersten Vorplanung bis zum Rückbau.“<sup>15</sup> In diesem Zusammenhang stehen eine digitale Erfassung und Vernetzung aller relevanten Daten zur Abbildung der physikalischen, funktionalen sowie kosten- und zeitbezogenen Eigenschaften eines Bauwerks im Fokus.<sup>16</sup>

Dementsprechend werden in einem BIM-Modell sowohl geometrische Daten (Länge, Breite, Höhe etc.) als auch nicht-geometrische Daten (bauphysikalische Eigenschaften, Aufwandswerte etc.) bauteilbezogen erhoben und verarbeitet. Wie eine Vielzahl von Softwareanwendungen basieren i.d.R. auch BIM-fähige Softwareanwendungen auf Datenbankmanagementsystemen. So ist es sowohl möglich direkt verfügbare Daten aus den BIM-fähigen Softwareanwendungen zu nutzen als auch Daten aus externen Datenbankmanagementsystemen zu importieren oder Daten manuell (z.B. durch händische Eingabe) zu verarbeiten. Das Potenzial der BIM-Methodik Daten bzgl. der Bauteile sowie deren Schnittstellen und Abhängigkeiten über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks, also auch in der Bauphase, verfügbar zu machen und weiterverarbeiten zu können, impliziert eine immense Reduktion der Komplexität vor allem im Rahmen der Ermittlung des Soll-Bauablaufes, in dem möglicherweise ein BIM-Vertragsmodell mit den Zeitansätzen bzw. Vertragsterminplan (4D) in Form einer Bauablaufsimulation verknüpft als Vertragsanlage existieren könnte. Zudem bedingt die Ermittlung des Ist-Bauablaufes zur Erstellung des Bauzeitnachtrags ein aktuelles BIM-Modell und der unterschiedlichen Bauzustände bezogen auf den

Erhebung von  
Daten im  
BIM-Modell

<sup>13</sup> Vgl. Felden, C. Datenqualitätsmanagement online verfügbar unter: <http://www.enzyklopaedie-die-der-wirtschaftsinformatik.de/wi-enzyklopaedie/lexikon/datenwissen/Datenmanagement/-Datenmanagement-Konzepte-des/Datenqualitätsmanagement>, abgerufen am 25.02.2019, (2019).

<sup>14</sup> Vgl. Bitkom e.V. (2014): Big-Data-Technologien – Wissen für Entscheider. Leitfaden. Unter Mitarbeit von M. Weber. Bundesverband Informationswirtschaft; Telekommunikation und neue Medien e.V., BITKOM-Arbeitskreis Big Data, online verfügbar unter: [www.bitkom.org](http://www.bitkom.org), abgerufen am 14.07.2018, (2014), S. 25.

<sup>15</sup> Egger, M.; Hausknecht, K.; Liebich, T.; Przybylo, J.: BIM-Leitfaden für Deutschland. Information und Ratgeber, Zukunft-BAU (Hrsg.), Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumentwicklung (BBR), Berlin (2013) S. 18.

<sup>16</sup> Vgl. Klemt-Albert, K.: Building Information Modeling, Bautabellen für Ingenieure mit Berechnungshinweisen und Beispielen, (2018), S. 1.68.

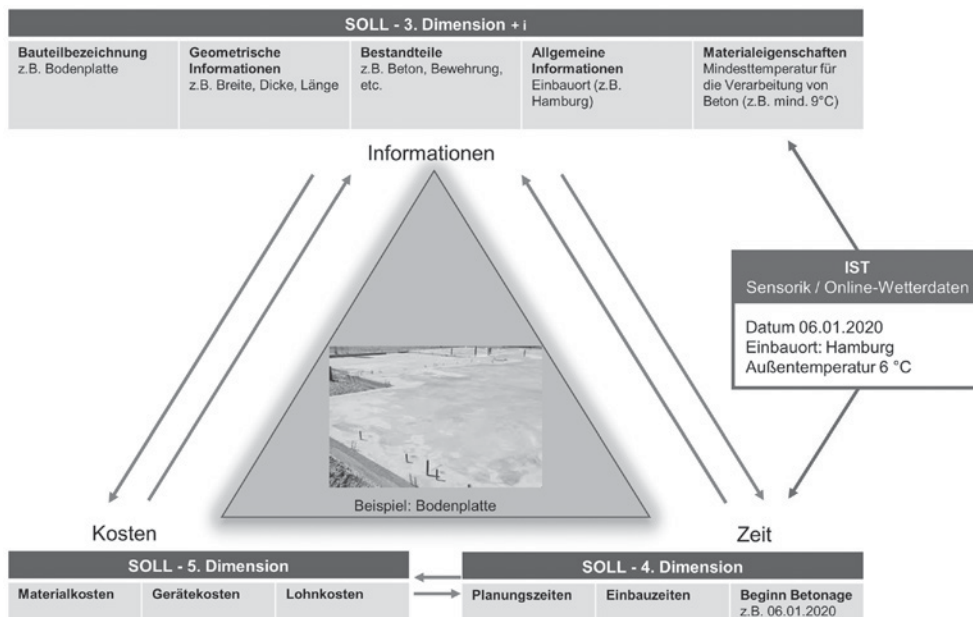
Vertragsterminplan, so dass die Störungen adäquat identifiziert werden können. Speziell diese Anforderung stellt aktuell eine große technologische Herausforderung dar, da es sowohl erforderlich ist Daten aus geführtem Schriftverkehr (z.B. Behinderungsanzeigen) als auch Daten aus Bautagesberichten (z.B. Wetterdaten) mit in die Betrachtungen einzubeziehen. Dementsprechend sind in diesem Zusammenhang automatische Datenerzeugungsmethoden von hoher Relevanz.

### 3.2 Sensorik

„Sensorik ist der Oberbegriff für alle Wahrnehmungsvorgänge (z.B. sehen, riechen, hören). Sensoren in der Technik dienen der Signalerfassung, -aufbereitung und -umsetzung.“<sup>17</sup> Sensoren sind technische Bauteile, die nichtelektrische Messgrößen (physikalisch, chemisch etc.) in elektrische Signale umwandeln, wodurch eine vollautomatisierte Datenerzeugung möglich ist. Mit Hilfe von Sensoren können Daten automatisiert generiert und ausgelesen bzw. übertragen werden. Die Messgrößen sind unterschiedlichen Messprinzipien und Sensortypen zugeordnet. Diese können bspw. zur Identifikation von Objekten, der Messung von Füllständen, der Beschleunigung, der Temperatur, der Wärmeabstrahlung oder eines Durchflusses eingesetzt werden.

Vollautomatisierte  
Datenerzeugung  
durch Sensoren

So könnte bspw. ein Temperatursensor die Verhältnisse auf der Baustelle aufzeichnen und mit Wetterdaten aus dem Internet komplettiert in das BIM-Modell zu den unterschiedlichen Bauzuständen überführt werden. Würde bspw. eine Störung des Bauablaufes daraus resultieren, dass ein Betoniervorgang aufgrund einer zu niedrigen Außentemperatur nicht durchgeführt werden kann, könnte dies direkt in der Soll-Bauablaufsimulation, welche als nicht-geometrische Datenart des Bauteils, auch die Mindesttemperatur für die Verarbeitung des Materials Beton enthalten würde, verglichen werden (vgl. Abbildung 4) und dementsprechend eine Bauzeitverlängerung bzw. die Abweichung durch die spätere Ausführung dargestellt werden.



Quelle: In Anlehnung an Building Information Modeling und 5D-Planung im dynamischen und komplexen Umfeld, Lenz, Gralla, Tagungsband 28. BBB-Assistententreffen, TU Kaiserslautern, 2017, S. 186

Abbildung 4: Symbiose von Qualitätsinformationen, Zeit- und Kostenansätzen am Beispiel eines Soll-Ist Vergleichs einer Bodenplatte<sup>18</sup>

17 Sensorik: online verfügbar unter: <https://istwissen.info/sensorik-sensor-technology.html>, abgerufen am 30.01.2019, (2019).

18 Vgl. Lenz, L.; Gralla, M.: Building Information Modeling und 5D-Planung im dynamischen und komplexen Umfeld, Tagungsband zum 28. BBB-Assistententreffen – Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter der Bereiche Bauwirtschaft, Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik, (Hrsg.) Technische Universität Kaiserslautern (2017), S. 186.



## 4. Einsatz digitaler Methoden im Rahmen der Erstellung eines Bauzeitnachtrags

Im Folgenden werden die Veränderungen der in Kapitel 2 thematisierten Informations- und Prozessanalyse in Verbindung mit dem Einsatz der in Kapitel 3 erläuterten datenbasierten, digitalen Methoden Building Information Modeling sowie Sensorik, als eine technologische Lösung zur automatisierten Generierung von Daten, gebracht.

Ein Ansatz zur Effizienzsteigerung der Prozesse bei der Erstellung eines Bauzeitnachtrags ist die Erzeugung eines BIM-Modells, sowohl für den Soll-Fall (BIM-Vertragsmodells) als auch für den IST-Fall (BIM-Modell-IST). Diese können analog der Vorgehensweise der Entwicklung einer Datenbasis (vgl. Abbildung 3) in einem BIM-Modell auf die Prozesse im Rahmen der Erstellung eines Bauzeitnachtrags übertragen werden.

Zur Erzeugung eines BIM-Vertragsmodells (vgl. Abbildung 5) zur Abbildung des Bau-Solls müssen zunächst die erforderlichen Daten erhoben und anschließend verarbeitet werden. Der Prozess der Datenerhebung entspricht bei der Erstellung eines Bauzeitnachtrags im ersten Hauptprozess, dem Vorlauf (vgl. Abbildung 2), in dem alle erforderlichen Daten gesammelt werden. Die im Vorlauf zusammengetragenen quantitativen Informationen, d.h. zeit- und kostenbezogene Informationen, und qualitativen, das Projekt beschreibende, Informationen zum Bau-Soll (vgl. Abbildung 1) sollten für das BIM-Vertragsmodell so definiert sein, dass diese den Anforderungen an die erforderliche Datenqualität für die Datenerzeugung entsprechen. Die Datenqualitätsanforderungen sind demnach bereits zu Beginn der Baumaßnahme zu definieren.

Auf Basis der Datenerhebung erfolgt die Datenverarbeitung. Dieser Prozess ist bei der Erstellung eines Bauzeitnachtrags dem Hauptprozess „Grundlagen“ (vgl. Abbildung 2) gleichzustellen. Die zuvor erhobenen Daten werden analog eines Datenmanagementkonzeptes in ein BIM-Modell übertragen und so kategorisiert und gespeichert, dass diese bei der Erstellung des Bauzeitnachtrags für die Beschreibung der Grundlagen (Projektbeschreibung, Aufgabenstellung, etc.) vollständig vorliegen.

Anforderungen an die Datenqualität bei Erzeugung eines BIM-Vertragsmodells

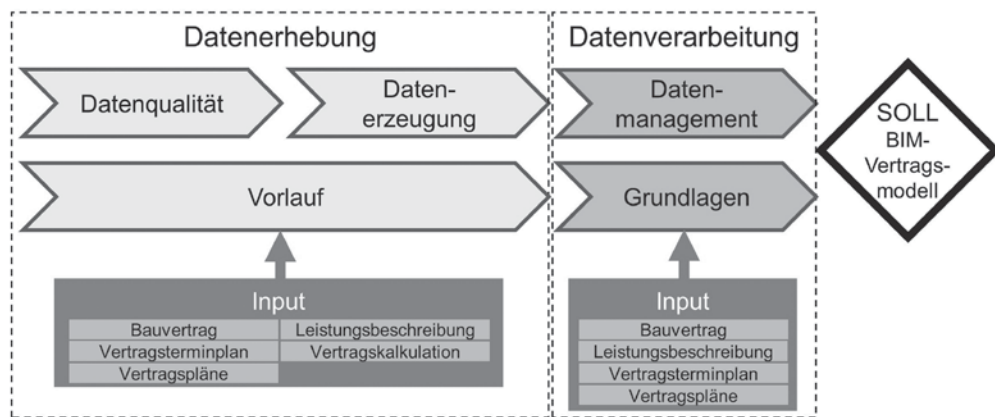


Abbildung 5: Prozesse zur Generierung eines BIM-Vertragsmodells

Auch für die Erzeugung des BIM-Modells-IST (vgl. Abbildung 6) zur Abbildung des Bau-Ist müssen Daten erhoben und anschließend verarbeitet werden. Hier kann die Erhebung der Daten während des Bauablaufs sowohl manuell als auch automatisiert, z.B. durch den Einsatz von Sensortechnik, erfolgen. Die Qualität der Daten ist hier ebenfalls von entscheidender Bedeutung. So ermöglicht bspw. die vollständige Beschreibung der ausgeführten Leistungen in den Bautagesberichten mit der Angabe der jeweiligen Zuordnung zu den Vorgängen im Terminplan eine genaue (und schnellere) Abbildung des Bau-Ist im fortgeschriebenen Terminplan. Dies lässt sich wiederum am Beispiel des in Kapitel 3.2 beschriebenen Anwendungsfalles in Verbindung mit der Datenqualitätsdimension Vollständigkeit (i.S. von sind Daten vollständig vorhanden) veranschaulichen. So ist es möglich über einen Sensor Wetterdaten aufzunehmen, welche direkt in das BIM-Modell eingepflegt werden.

Möglichst präzise Erhebung der Daten

Die Kategorisierung und Speicherung im Datenmanagementsystem erfolgt dabei in der Form, dass zum Beispiel der relevante Schriftverkehr, Protokolle und Nachträge den jeweiligen Störungen bzw. Behinderungsanzeigen zugeordnet werden können.

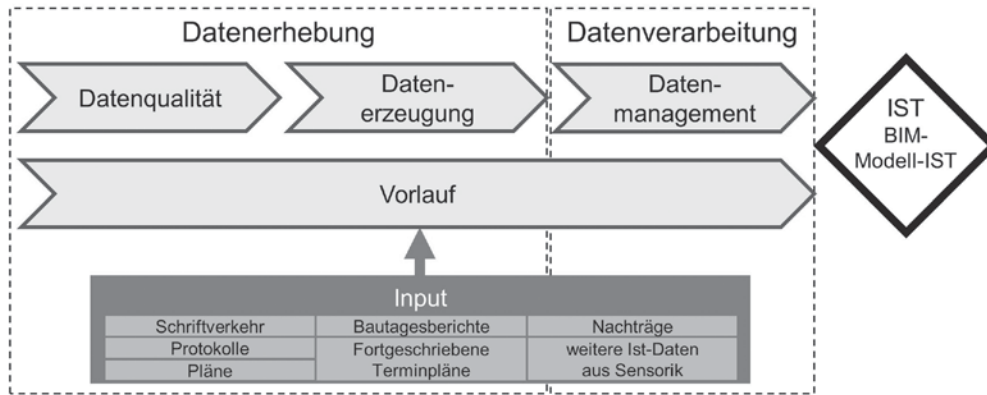


Abbildung 6: Prozesse zur Generierung eines BIM-Modells-IST

Eine Kombination der Daten, die innerhalb des BIM-Vertragsmodells und des BIM-Modell-IST vorhanden sind, stellt letztendlich die Datenanalyse-Basis für die nächsten Hauptprozesse dar. So wäre es möglich auf dieser Basis die Datenanalyse in Form der Störungsanalyse und der Ableitung der Auswirkungen auf die Terminplanung und letztendlich Vergütungssituation (vgl. Abbildung 7) zu führen.

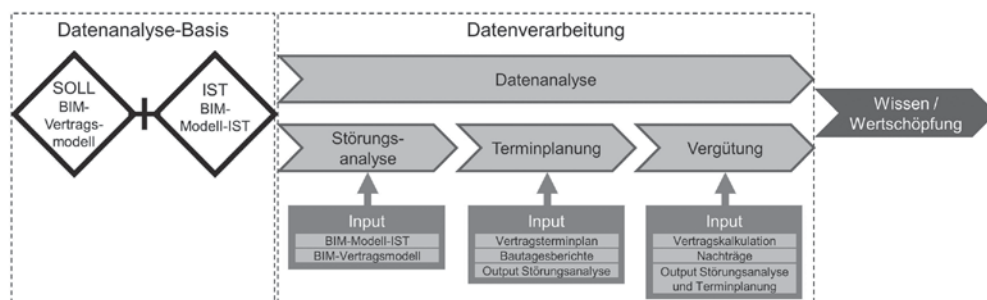


Abbildung 7: Prozesse zur Symbiose des BIM-Vertragsmodells mit dem BIM-Modell-IST als Basis für die Datenanalyse

Dementsprechend kann aus einer effizienten Nutzung von Informationen in Form von Daten in einem BIM-Modell, Wissen in Form der Bewertung der Störung auf die Bauzeit und die daraus folgenden Auswirkungen auf die Kosten generiert werden. Es können Risiken vermindert werden, da sichergestellt werden kann, dass alle Informationen in die Bewertung einbezogen werden. Dieser Prozess kann durch Sensorik oder ähnliche Technologien zur automatisierten Aufnahme von Daten die Schadenszeit, welche bis zur Wahrnehmung einer Störung benötigt wird, vermindern. Schlussendlich resultiert aus all diesen Ansätzen eine Optimierung der Prozesse, was zu einer Effizienzsteigerung i.S. einer Erhöhung der Wertschöpfung führen kann.

Vorteilhafte Datennutzung

## 5. Fazit

Eine auf Sensorik basierende zukunftsweisende Technologie ist in cyber-physischen Systemen zu identifizieren. Cyber-physische Systeme stehen für die Symbiose der physikalischen mit der informationstechnischen Welt und entstehen durch komplexe Kombinationen

- aus eingebetteten Systemen,<sup>19</sup> Anwendungssystemen und gesamten Infrastrukturen, z.B. Fahrzeugsteuerungen, Verkehrsmanagementsysteme, etc.,

<sup>19</sup> Hardware- und Softwarekomponente, die in ein umfassendes Produkt integriert ist, um produktspezifische Funktionsmerkmale zu realisieren.

Cyber-physische  
Systeme

- auf Basis von Integration und Vernetzung
- und der Anwendung von Mensch-Maschine-Interaktionen.<sup>20,21</sup>

Sie beschreiben eingebettete Systeme, wie u.a. Geräte, Gebäude oder auch die Logistik. Diese erfassen mittels Sensoren o.Ä. unmittelbar physikalische Daten und wirken mittels Aktoren<sup>22</sup> auf physikalische Vorgänge ein. Daten können ausgewertet und gespeichert sowie auf dieser Grundlage aktiv oder reaktiv mit der physikalischen und digitalen Welt interagieren. Die Systeme sind mittels digitaler Netze sowohl drahtlos als auch drahtgebunden, lokal als auch global miteinander vernetzt. Demnach können weltweit verfügbare Daten und Dienste genutzt werden. Darüber hinaus können diese über eine Reihe multimodaler Mensch-Maschine-Schnittstellen<sup>23</sup> verfügen und sowohl für Kommunikation und Steuerung differenzierte und dedizierte Optionen, wie zum Beispiel Sprache und Gesten, bieten.<sup>24</sup> Somit repräsentiert ein cyber-physisches System die Einheit von Realität und digitalem Abbild durch eine Weiterentwicklung synergetischer Ansätze der Mechatronik zu einem symbiotischen Systemansatz auf Basis der informationstechnischen Vernetzung der Komponenten.<sup>25</sup>

Dieser Ansatz birgt in Bezug auf die Ermittlung von Störungen im Bauablauf ein immenses Potenzial. So könnte ein cyber-physisches System eine Störung identifizieren und direkt automatisiert eine Gegensteuerungsmaßnahme einleiten. Zur Einhaltung des Fertigstellungstermins könnte es aufgrund der Störung bspw. notwendig sein den Beginn der Bauausführung eines nachfolgenden Vorgangs aus dem Terminplan vorzuziehen. Durch das cyber-physische System könnten dafür erforderliche Bestellungen, z.B. von Materialien, Baugeräten o.Ä., zur Ausführung der vorgesehenen Maßnahme abgerufen werden.

Demnach ist der Einsatz cyber-physischer Systeme durch die Möglichkeit zur Aufnahme von Echtzeitdaten und dem Vorteil der direkten Option zur Aktion auf physikalische Vorgänge einen vielversprechenden Ansatz im Bereich der Ermittlung von Störungen im Bauablauf und einer möglichen technologiebasierten, automatisierten Gegensteuerung. Die Verkürzung von Reaktionszeiten bis zur Wahrnehmung der Störung und eine direkte Einleitung einer optimalen Kompensationsmaßnahme nehmen einen direkten Einfluss auf die Wertschöpfung und Wissen, welches bspw. in Form einer besseren Prognostizierbarkeit von Störungen auf andere Projekte übertragen werden kann.

20 Zusammenarbeit von Mensch und Maschine.

21 Vgl. Geisberger, E.; Broy, M.: agendaCPS. Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems, acatech STUDIE, Band 1, 2012, S. 17.

22 Komponente aus Software, Elektronik und/oder Mechanik, die elektronische Signale, etwa von einem Steuerungscomputer ausgehende Befehle, in mechanische Bewegungen oder an dere physikalische Größen umsetzt und so regulierend in ein System eingreift.

23 Schnittstelle zwischen Menschen als Nutzern und computergestützten Systemen.

24 Vgl. Geisberger, E.; Broy, M.: agendaCPS. Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems, acatech STUDIE, Band 1, 2012, S. 22.

25 Vgl. Drossel, W.-G.; Ihlenfeldt, S.; Langer, T.; Dumitrescu, R.: Cyber-Physische Systeme, in: Reimund Neugebauer (Hrsg.): Digitalisierung. Schlüsseltechnologien für Wirtschaft und Gesellschaft, 1. Aufl., (Fraunhofer-Forschungsfokus), S. 196–222 (2018), S. 199.